

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LAÍS THIE HASUDA NAKAO

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO E DOS PARÂMETROS
DEFINIDORES DA QUALIDADE DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO
REALIZADO NO RESERVATÓRIO DE CAPIVARI-CACHOEIRA

CURITIBA

2015

LAÍS THIE HASUDA NAKAO

ANÁLISE DOS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO E DOS PARÂMETROS
DEFINIDORES DA QUALIDADE DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO
REALIZADO NO RESERVATÓRIO DE CAPIVARI-CACHOEIRA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Pereira Krueger

CURITIBA

2015

N163a Nakao, Laís Thie Hasuda

Análise dos métodos de posicionamento e dos parâmetros definidores da qualidade do levantamento batimétrico realizado no reservatório de CapivariCachoeira/ Laís Thie Hasuda Nakao. – Curitiba, 2015.

118 f.: il. color.; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, 2015.

Orientador: Cláudia Pereira Krueger.

Bibliografia: p. 92-98.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Batimetria. 3. Sistema de Posicionamento Global - Precisão. I. Universidade Federal do Paraná. II. Krueger, Cláudia Pereira. III. Título.

CDD: 526.640285

TERMO DE APROVAÇÃO

LAÍS THIE HASUDA NAKAO


"ANÁLISE DOS MÉTODOS DE POSICIONAMENTO E DOS PARÂMETROS
DEFINIDORES DA QUALIDADE DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO
RESERVATÓRIO DE CAPIVARI-CACHOEIRA"

Dissertação nº 283 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:


Prof.ª Dr.ª Claudia Pereira Krueger
Departamento de Geomática, UFPR


Prof. Dr. Tobias Bleninger
Departamento de Engenharia Ambiental, UFPR


Prof.ª Dr.ª Silvana Philippi Camboim
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 30 de junho de 2015.

*Dedico essa dissertação aos meus pais, Thais e
Décio, pelo amor incondicional essencial para
realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelos sacrifícios, incentivo e apoio durante toda a minha formação.

Ao meu namorado e melhor amigo, Erick, por todo o amor, apoio, paciência e incentivo.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Cláudia Pereira Krueger, pela confiança depositada, incentivo, apoio, conselhos e acompanhamento durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a Dr^a Silvana Philippi Camboim e Prof. Dr. Tobias Bernward Bleninger, pelas contribuições para melhor execução do trabalho.

À secretária Mônica Kleuser, pela paciência e profissionalismo, sem a qual seria impossível realizar qualquer trâmite legal.

Ao Doutorando Stephan Hilgert, do *Karlsruhe Institute of Technology*, pela disponibilização dos dados batimétricos e informações provenientes do GPS do levantamento realizado no Reservatório de Capivari-Cachoeira.

Ao Comandante Adriano Vieira de Souza, pelo desenvolvimento da programação para extração do arquivo NMEA-0183.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos necessária no apoio e desenvolvimento da pesquisa.

À Camilla Fernanda da Costa, pelas sugestões para o desenvolvimento do banco de dados.

Aos amigos do Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia (LAGEH): Anderson Viski, André Lenkiu, Breno Bueno, Clauber da Costa, Jorge Euriques, Kelvin Willian, Leonardo Moreira, Letícia Woss e Renata Werlich pela companhia e colaboração diária.

A todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas por compartilhar experiências e conhecimento.

A todos os colegas da Pós-Graduação pela convivência e aprendizado.

*“A adversidade desperta em nós capacidades que, em circunstâncias favoráveis, teriam
ficado adormecidas.”*

Horácio

RESUMO

O método de posicionamento a ser empregado em um levantamento batimétrico algumas vezes é questionado, quanto a sua precisão horizontal e vertical. De forma geral tem sido utilizado nesses levantamentos o posicionamento da embarcação por meio do GPS diferencial DGPS. Mediante consulta de literatura específica poucas investigações, no que concerne a precisão e acurácia destes métodos, têm sido realizadas principalmente quando tais levantamentos ocorrem em reservatórios. Dessa forma, se forem efetuadas análises espaciais quanto ao método de posicionamento planimétrico em um levantamento batimétrico e determinadas suas precisões e acurácias, bem como, quanto aos parâmetros que influenciam na qualidade deste levantamento, a coleta de dados batimétricos em reservatórios, podem então, ser executados com uma maior confiabilidade pelos usuários, e consequentemente servir como subsídio para melhor planejamento e monitoramento dessas áreas. No presente trabalho verificaram-se as precisões e acurácias para os posicionamentos dos marcos MC01 e MSC04, os quais foram utilizados como estação de referência para o posicionamento da embarcação por meio do RTK, através dos métodos absoluto (MA), Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e Relativo Estático (MPRE), localizados no Reservatório de Capivari-Cachoeira no ano de 2012. Posteriormente foram realizadas análises quanto ao posicionamento da embarcação, através dos métodos *Real Time Kinematic* (RTK), PPP e Relativo Cinemático (MPRC). Todos os resultados foram inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para melhor visualização, no qual foi possível observar que tanto para o posicionamento dos marcos quanto para embarcação os resultados obtidos foram mais precisos pelo método relativo. No entanto, conclui-se que é possível utilizar o serviço online do IBGE-PPP para processar os dados de posicionamento dos marcos e da embarcação obtendo uma precisão inferior ao metro. Concluindo-se que todos os métodos investigados para o posicionamento da embarcação atenderam as especificações da Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 03, de 10 de agosto de 2010. Contudo, é importante que o usuário atenda aos requisitos mínimos necessários para cada método de posicionamento.

Palavras-chave: ArcGIS. Precisão. Levantamento batimétrico. IBGE-PPP.

ABSTRACT

The positioning method to be employed in a bathymetric survey is sometimes questioned, about the horizontal and vertical precisions. In general hydrographic surveys, for the vessel positioning has been used the differential GPS (DGPS). Upon consulting the literature few investigations regarding the precision and accuracy of these methods have been undertaken when such surveys occurs in reservoirs. Therefore, if spatial analyzes were made on the planimetric positioning method in a bathymetric survey and determined their precisions and accuracies, as well as the parameters that influence the quality of this survey, the collecting bathymetric data in reservoirs, can then be performed with greater reliability by users, and therefore serve as a resource for better planning and monitoring of these areas. In the present work the precisions and accuracies for the geodetic marks, MC01 and MSC04, positioning were verify. This marks were used as reference station for the vessel positioning with the RTK, through the methods as absolute positioning (MA), Precise Point Positioning (PPP) and static positioning (MPRE), located in Capivari-Cachoeira reservoir in the year 2012. Subsequently held analyzes regarding the positioning of the vessel, through the methods as Real Time Kinematic (RTK), PPP and kinematic (MPRC). All results were entered into a Geographic Information System (GIS) for better viewing, in which it was observed that both the positioning, of the geodetic marks and to the vessel, the results were more precise by the relative methods. However, it is concluded that it is possible to use the online service IBGE-PPP to process the positioning data of the geodetic marks and the vessel getting a precision lower than the meter. Concluding that all methods investigated for positioning the vessel are in agreement with the specifications of the Resolution ANEEL/ANA nº 03 of August 10th, 2010. But it is important that the user follow the minimum requirements needed for each positioning method.

Keywords: ArcGIS. Precision. Bathymetric survey. IBGE-PPP.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da operação do posicionamento de um levantamento batimétrico.....	23
Figura 2 - Estrutura do sinal GPS.....	26
Figura 3 - Dupla Diferença de Fase.	27
Figura 4 – Precisão dependente da linha de base para os diferentes métodos de posicionamento	30
Figura 5 – Método de Posicionamento Absoluto	31
Figura 6 – Amostra das mensagens NMEA-0183 com informações do GPS do levantamento cinemático no Reservatório de Capivari-Cachoeira.....	37
Figura 7 - Exemplo de arquivo das observações no formato RINEX, para as observações, *AAo.....	39
Figura 8 - Reservatório de Capivari localizado entre os municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul, estado do Paraná. Coordenadas em projeção UTM – Sistema de Referência SIRGAS 2000.....	45
Figura 9 - Localização das bases MC01 e MSC04.	47
Figura 10 - Marco MSC04 localizado na barragem do Reservatório de Capivari-Cachoeira.....	48
Figura 11 - Marco MC01 localizado próximo à estação de captação de água do Reservatório de Capivari-Cachoeira.	48
Figura 12 - Gráfico da elevação dos satélites para o marco MSC04.	50
Figura 13 - Satélites observados durante o levantamento relativo estático do marco MSC04.	50
Figura 14 – Gráfico da elevação dos satélites para o marco MSC04.....	51
Figura 15 – Satélites observados durante o levantamento relativo estático do marco MC01.....	51
Figura 16 - Profundidade obtida pelo RTK no reservatório de Capivari-Cachoeira no ano de 2012.	52
Figura 17 - GPS Diferencial associado ao rádio para levantamento batimétrico através do método RTK instalados no marco MSC04.....	54
Figura 18– Trajetória do levantamento batimétrico realizado no Reservatório de Capivari-Cachoeira.....	55
Figura 19 - Levantamento batimétrico realizado em 01/12/2012.....	56
Figura 20 – Trajetória do levantamento batimétrico armazenada na mensagem NMEA-0183 pelo método RTK referente ao dia 01/12/12.	57
Figura 21 – Satélites observados durante o levantamento batimétrico no Reservatório de Capivari-Cachoeira.	58
Figura 22 – Arquivo KML gerado pelo serviço online do IBGE-PPP.	59
Figura 23 - Informações parciais do arquivo no formato POS obtidas através do serviço online IBGE-PPP.....	59
Figura 24 – Gráfico dos DOP's para o ponto MSC04. Os valores de GDOP, PDOP, HDOP e VDOP são representados pelas cores vermelho, azul, verde e roxo, respectivamente.	63
Figura 25 – Gráfico dos DOP's para o ponto MSC04. Os valores de GDOP, PDOP, HDOP e VDOP são representados pelas cores vermelho, azul, roxo e verde, respectivamente.	63
Figura 26 – Arquivo KML gerado pelo serviço online do IBGE-PPP para os pontos MSC04 e MC01.....	64
Figura 27 – Coordenadas Planimétricas Absoluta, obtidas com o processamento relativo estático e o PPP para o Marco MC01.....	65

Figura 28 – Diferença planimétrica entre as coordenadas processadas, PPP e absoluto do Marco MC01.	66
Figura 29- Coordenadas Planimétricas Absoluta, obtidas com o processamento relativo estático e o PPP para o Marco MSC04.	67
Figura 30 - Diferença planimétrica entre as coordenadas processadas, PPP e absoluto do ponto MSC04.	68
Figura 31 - Trajetória da embarcação pelo MPRC referente ao dia 01/12/12.	69
Figura 32 – Qualidade do posicionamento através do processamento dos dados levantados a partir do MPRC referente ao dia 01/12/12.	70
Figura 33 – Gráfico dos desvios padrão do posicionamento planimétrico da embarcação obtido com o pós-processamento (MPRC).	70
Figura 34 – Trajetória da embarcação pelo PPP no Reservatório de Capivari-Cachoeira referente ao dia 01/12/12.	71
Figura 35 – Gráfico dos desvios padrão do posicionamento planimétrico da embarcação obtido por meio do PPP.	72
Figura 36 – Gráfico do desvio padrão do posicionamento planimétrico do PPP com a exclusão dos primeiros 30 minutos utilizados na convergência da solução.	72
Figura 37 – Trajetórias descritas pela embarcação pelo MPRC e PPP no dia 01/12/2012. Coordenadas em UTM, sistema de Referência SIRGAS2000.4.	73
Figura 38 – Gráfico da diferença planimétrica entre a trajetória do MPRC e a trajetória do PPP.	74
Figura 39 – Gráfico das diferenças planimétricas entre pós-processado (MPRC) e PPP com exclusão do tempo de convergência.	75
Figura 40 – Gráfico das diferenças planimétricas entre as coordenadas advindas do pós-processado (MPRC) e do PPP.	75
Figura 41 – Distribuição espacial das altitudes elipsoidais do processamento pelo MPRC para amostra do dia 01/12/12.	76
Figura 42– Distribuição espacial das altitudes elipsoidais do processamento pelo PPP para amostra do dia 01/12/12.	76
Figura 43 – Gráfico dos desvios padrão das altitudes elipsoidais obtidas com o pós-processamento (MPRC).	77
Figura 44 – Gráfico dos desvios padrão das altitudes elipsoidais obtidas com o pós-processamento do IBGE-PPP.	78
Figura 45 – Gráfico das altitudes elipsoidais obtidas com o processamento dos dados pelo MPRC e do PPP.	78
Figura 46 – Mapa da distribuição espacial da resolução das ambiguidades.	79
Figura 47 – Mapa da distribuição espacial do PDOP.	80
Figura 48 – Mapa da distribuição espacial do número de satélites.	80
Figura 49 - Mapa da distribuição espacial das altitudes elipsoidais em metros.	81
Figura 50 — Mapa da distribuição espacial da resolução das ambiguidades.	81
Figura 51 – Mapa da interpolação referente ao número de satélites observados durante o levantamento batimétrico.	82
Figura 52 - Mapa da interpolação referente aos valores de PDOP durante o levantamento batimétrico. FONTE: A autora (2015).	82
Figura 53 – MDE da altitude elipsoidal do levantamento através do RTK extraído da mensagem NMEA-0183.	83
Figura 54 - Distribuição espacial do erro planimétrico para o método RTK quando usado o MPRC como referência.	84
Figura 55 – Diferença planimétrica entre MPRC e RTK para as coordenadas levantadas no dia 01/12/12.	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – TABELA DA MENSAGEM NMEA \$GNGGK (POSIÇÃO).....	36
Tabela 2 – PRECISÃO PLANIMÉTRICA, EM METROS, ESPERADA PARA UM LEVANTAMENTO ESTÁTICO.	40
Tabela 3 - COORDENADAS DO MARCO UFPR (SIRGAS2000.4) E SUAS PRECISÕES.	47
Tabela 4 - COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO MA EM SIRGAS2000.4.....	49
Tabela 5 – COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO MPRE EM SIRGAS2000.4.....	62
Tabela 6 – COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO PPP EM SIRGAS2000.4.....	64
Tabela 7 – PRECISÃO DOS POSICIONAMENTOS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MC01.....	86
Tabela 8 – QUALIDADE DOS POSICIONAMENTOS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MSC04.....	86
Tabela 9 – ERROS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MC01. ...	86
Tabela 10 – ERROS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MSC04.	86
Tabela 11 – QUALIDADE DO POSICIONAMENTO PARA CADA MÉTODO.	87

LISTA DE SIGLAS

ANA	- Agência Nacional de Águas
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
AS	- <i>Anti-Spoofing</i>
SA	- <i>Selective Availability</i>
AUSPOS	- <i>Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing Service</i>
CACS	- <i>Canadian Active Control System</i>
Cfa	- Clima temperado úmido
CHM	- Centro de Hidrografia da Marinha
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSRS	- <i>Canadian Spatial Reference System</i>
CSRS-PPP	- <i>GPS Precise Point Positioning</i>
DDF	- Dupla Diferença de Fase
DGPS	- <i>Differential GPS</i>
DOP	- <i>Dilution of Precision</i>
ESRI	- <i>Environmental Systems Research Institute</i>
GALILEO	- <i>European Satellite Navigation System</i>
GBAs	- <i>Ground Based Augmentation System</i>
GDOP	- <i>Geometric Dilution of Precision</i>
GLONASS	- <i>GLObal NAVigation Satellite System</i>
GNSS	- <i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	- <i>Global Positioning System</i>
HDOP	- <i>Horizontal Dilution of Precision</i>
IAPAR	- Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO	- <i>International Civil Aviation Organization</i>
IGS	- <i>International GNSS Service</i>
IMU	- Unidade de Medida Inercial
ITRF	- <i>International Terrestrial Reference Frame</i>
KIT	- <i>Karlsruhe Institute of Technology</i>
LF	- <i>Low Frequency</i>
LGO	- <i>Leica Geo Office Combined</i>
LS	- Linha de Sondagem
MA	- Método Absoluto
MBES	- <i>Multi Beam Echo Sounder</i>
MPRC	- Método de Posicionamento Relativo Cinemático
MPRE	- Método de Posicionamento Relativo Estático

NAVSTAR-GPS	-	<i>NAVigation System with Time And Ranging - GPS</i>
NMEA	-	<i>National Marine Eletronics Association</i>
NRCan	-	<i>Natural Resources of Canada</i>
PD	-	Pseudodistância
PDOP	-	<i>Position Dilution of Precision</i>
PP	-	Posicionamento por Ponto
PPP	-	Posicionamento por Ponto Preciso
RBMC	-	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RBMC-IP	-	Serviço da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – Protocolo Internet
RN	-	Referência de Nível
RTCM	-	<i>Radio Technical Committee for Maritime Service</i>
RTK	-	<i>Real Time Kinematic</i>
SBAs	-	<i>Satellite Based Augmentation System</i>
SBES	-	<i>Single Beam Echo Sounder</i>
SIG	-	Sistema de Informação Geográfica
SPS	-	<i>Standard Positioning Service</i>
SPU	-	Secretaria do Patrimônio da União
TDOP	-	<i>Time Dilution of Precision</i>
UFPR	-	Universidade Federal do Paraná
UHE	-	Usinas Hidrelétricas
UHF	-	<i>Ultra High Frequency</i>
VDOP	-	<i>Vertical Dilution of Precision</i>
VHF	-	<i>Very High Frequency</i>
WGS-84	-	<i>World Geodetic System, 1984</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. RESERVATORIOS	18
2.2. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	19
2.2.1. Método de Levantamento do Contorno do Reservatório	22
2.2.2. Método de Levantamento da Área Molhada do Reservatório.....	23
2.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES (GNSS)	24
2.3.1. NAVSTAR – GPS	25
2.3.2. GLONASS	26
2.3.3. Erros dos sistemas	27
2.3.4. Dilution Of Precision (DOP)	28
2.3.5. Métodos de Posicionamento	29
2.3.5.1. Método Absoluto	30
2.3.5.2. Posicionamento por Ponto Preciso (PPP).....	32
2.3.5.3. Método de Posicionamento Relativo Estático	32
2.3.5.4. Método de Posicionamento Relativo Cinemático	33
2.3.5.5. RTK - Real Time Kinematic.....	34
2.3.5.6. <i>Differential GPS - DGPS</i>	34
2.3.6. Mensagem NMEA-0183	35
2.4. PROCESSAMENTOS	37
2.4.1. Processamento <i>Leica Geo Office Combined</i>	37
2.4.2. Processamento IBGE-PPP.....	38
2.5. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	40
2.5.1. ArcGIS	41
2.5.2. Interpoladores.....	41
2.5.2.1. Método <i>Inverse Distance Weighted – IDW</i>	42
3. ÁREA DE ESTUDO.....	44
4. METODOLOGIA.....	46
4.1. LEVANTAMENTO ESTÁTICO	46
4.1.1. Determinação do Posicionamento Absoluto	49
4.1.2. Processamento dos dados estáticos	49
4.1.3. Processamento pelo Posicionamento por Ponto Preciso	52
4.2. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	52
4.2.1. Posicionamento da embarcação.....	55

4.2.2.	Processamento do método de posicionamento relativo cinemático	57
4.2.3.	Processamento pelo Posicionamento por Ponto Preciso	58
4.3.	ANALISE DO POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO E DOS MARCOS	59
4.4.	INTERPOLAÇÃO	60
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1.	LEVANTAMENTOS ESTÁTICOS	62
5.2.	POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO RELATIVO CINEMÁTICO	68
5.3.	POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PPP ...	71
5.4.	COMPARAÇÃO ENTRE OS POSICIONAMENTOS PELO MPRC E PPP ..	73
5.5.	ANÁLISE DAS ALTITUDES ELIPSOIDAIIS DA EMBARCAÇÃO	76
5.6.	POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO COM RTK.....	79
5.7.	COMPARAÇÃO ENTRE OS POSICIONAMENTOS PELO MPRC E RTK ..	83
5.8.	ANALISE DA PRECISÃO E ACURACIA DOS MÉTODOS	85
5.8.1.	Marcos MC01 e MSC04	85
5.8.2.	Trajetória da embarcação.....	87
6.	CONCLUSÕES	88
7.	RECOMENDAÇÕES	91
8.	REFERENCIAS	92
9.	APÊNDICES.....	99
10.	ANEXOS.....	102

1. INTRODUÇÃO

A construção de uma barragem e a formação do seu reservatório normalmente modificam as condições naturais do curso d'água. O levantamento batimétrico sistemático é uma necessidade para determinação da disponibilidade hídrica através das curvas cota x área x volume, verificação da forma do reservatório, do cone de dejeção de sedimentos, e diversas outras informações. Tais medições podem indicar ainda a qualidade ambiental das águas, bem como a flora e fauna que nele habitam (ANA, 2013).

Do ponto de vista da hidroeletricidade, tais medidas são relevantes no que tange à manutenção da qualidade e quantidade de água para uso direto na geração de energia, visto que em um país como o Brasil com 90% da sua matriz de geração de energia elétrica, é composto por fontes hídricas. Portanto a Agência Nacional de Águas (ANA) em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criaram em 2011 um documento com especificações técnica referente a este tipo de levantamento, preconizando uma precisão de 2 a 5 metros para o posicionamento planimétrico da embarcação. Para atingir as metas desta especificação técnica, é necessário conhecer os métodos de posicionamento e analisar a precisão e acurácia resultante do processamento. Contudo, no Brasil levantamentos batimétricos em reservatórios não têm sido efetuados, principalmente seguindo a legislação vigente, que está em fase de implementação e que ainda não está sendo oficialmente exigida.

No âmbito de ambientes epicontinentais, mais especificamente em reservatórios, existem diversos trabalhos quanto ao posicionamento em levantamento batimétrico, utilizando as informações do levantamento para análises de declividade, assoreamento, volume, entre outros. Utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em reservatórios verificaram-se trabalhos que envolvem análises espaciais da distribuição e classificação de compostos químicos, ictiofauna, geologia, e geração de modelos digitais do terreno a partir dos dados de cota, por exemplo.

Na Turquia foi realizado um estudo das mudanças batimétricas utilizando SIG, onde Ceylan *et al* (2012), coletaram dados batimétricos através do RTK que posteriormente foram inseridos no *software* ArcGIS 9.2, sendo gerados um Modelo

Digital de Elevação (MDE) e análises integrando conjuntos de dados de qualidade de água e mapas de uso do solo. Apesar do grande volume de trabalhos realizados em reservatórios, não se obteve resposta a nível internacional e nacional, para análises com parâmetros que influenciam na qualidade de um levantamento batimétrico que estivessem associadas com o SIG. Mediante a esta constatação, verifica-se a possibilidade de novos estudos em relação às análises espaciais das precisões dos diferentes métodos de posicionamento para um levantamento batimétrico em reservatórios.

Nesse contexto, se forem efetuadas análises espaciais quanto ao método de posicionamento planimétrico em um levantamento batimétrico e determinadas suas precisões e acurácias, bem como, quanto aos parâmetros que influenciam na qualidade deste levantamento, a coleta de dados batimétricos em reservatórios, podem então, ser executados com uma maior confiabilidade pelos usuários, e consequentemente servir como subsídio para melhor planejamento e monitoramento dessas áreas.

Sendo assim, o objetivo geral dessa pesquisa é analisar os métodos de posicionamento e os parâmetros definidores da qualidade do levantamento batimétrico realizado no Reservatório de Capivari-Cachoeira. Para que se possa atender o objetivo geral, enumeram-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a qualidade dos posicionamentos planimétrico e altimétrico, bem como os erros associados para os marcos MC01 e MSC04, os quais foram empregados como estação de referência no levantamento *Real Time Kinematic* (RTK) ;
- Analisar a qualidade do posicionamento planimétrico, bem como seu erro associado, para a trajetória da embarcação, obtida pelos métodos de posicionamento relativo cinemático (MPRC), Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) e *Real Time Kinematic* (RTK); e
- Analisar os parâmetros definidores da qualidade do levantamento batimétrico – como, por exemplo, a resolução das ambiguidades, PDOP e número de satélites rastreados – utilizando o RTK.

Na seção 2 são abordados os princípios básicos do levantamento batimétrico de acordo com a resolução da Agência Nacional de Águas (ANA) em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsáveis pela fiscalização das atualizações das informações em reservatórios, incluindo a descrição do Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS), os métodos de posicionamento e tipos de processamentos e análises que puderam ser realizadas com esses dados.

Na seção 3 é feita a caracterização da área de estudo, seguida da metodologia na seção 4, onde são descritos os levantamentos estáticos e batimétrico executados, no ano de 2012, no Reservatório de Capivari-Cachoeira. Nesta mesma seção verifica-se a forma de processamento e análises dos dados para os diferentes métodos de posicionamento, tanto dos marcos quanto da embarcação.

A seção 5 refere-se aos resultados do processamento para os diferentes métodos de posicionamento empregados, análise e comparação destes métodos, e determinação das precisões e acurácias. Por fim, são apresentadas as conclusões obtidas, e posteriormente feitas algumas recomendações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. RESERVATORIOS

Os reservatórios têm por finalidade acumular parte das águas disponíveis nos períodos chuvosos para compensar as deficiências nos períodos de estiagem, exercendo um efeito regularizador das vazões naturais. Em geral, os reservatórios são formados por meio de barragens implantadas nos cursos d'água. Suas características físicas, em especial a capacidade de armazenamento, dependem principalmente das características topográficas (LOPES *et al*, 2002).

Todos os reservatórios formados através da construção de barragens estão susceptíveis ao processo de assoreamento, pois funcionam como grandes bacias de detenção de sedimentos, propiciando condições favoráveis à sedimentação do material sólido transportado pelo curso d'água devido à diminuição da velocidade das águas. Ou seja, a construção da barragem cria uma barreira ao curso d'água fazendo com que a área da seção transversal da corrente aumente e a velocidade do fluxo diminua. Com a diminuição desta velocidade o material em suspensão que está sendo carregado tende a se depositar, resultando no assoreamento do reservatório. Esta retenção de sedimento pode trazer benefícios, como a disponibilização de água com uma menor concentração de sedimento para os seus diversos usos, mas também pode trazer consequências indesejáveis para a operação do reservatório (SUGUIO, 1973; JULIEN, 1998; LOPES *et al*, 2002; CABRAL, 2006; MAIA *et al*, 2009; OTTONI *et al*, 2011).

Os problemas trazidos pela deposição de sedimento no reservatório dizem respeito, principalmente, à redução do volume útil do reservatório, que irá interferir no uso para o qual o mesmo foi construído, como geração de energia, abastecimento público, industrial ou irrigação, contenção de enchentes, dentre outros. Pode-se ainda destacar problemas operacionais vinculados a este processo, como: abrasão de componentes, tubulações e pás de turbina; problemas mecânicos nas manobras das eclusas e comportas; dificuldade ou impedimento da captação d'água pela estrutura de tomada d'água; formação de bancos de areia diminuindo o calado para a navegação, além de afetar a segurança da barragem (LOPES *et al*, 2002; OTTONI *et al*, 2011).

Os depósitos de remanso criam problemas de enchentes a montante do lago. Os depósitos que se formam no interior do reservatório provocam a redução de sua capacidade de acumulação: o delta tende a reduzir gradualmente o volume útil do reservatório, enquanto os depósitos do leito causam o assoreamento do volume morto. Os sedimentos que alcançam a barragem, passando por condutos ou pelas estruturas de vertimento, provocam a abrasão e o desgaste das comportas turbinas, tubulações e outros elementos. A jusante da barragem, as águas claras provocam a erosão do leito e das margens do canal, gerando escavações que podem evoluir para montante e prejudicar a própria estrutura da barragem (LOPES, 2002).

O equacionamento do problema exige informações sobre a origem e os processos de produção de sedimentos. A produção do material particulado de interesse corresponde à parcela das perdas de solo da bacia, que chega ao curso d'água por unidade de tempo. O volume de produção de sedimentos é, portanto, função da erosão e, conseqüentemente, depende da quantidade e intensidade das chuvas, das propriedades físicas e químicas do solo, tipo de solo e litologia; tipo de cobertura e uso do solo; topografia; erosão; escoamento superficial; e as condições morfológicas do canal (MORRIS e FAN, 1998; CABRAL, 2006; DENDY, 1968 *apud* MAIA, 2009).

2.2. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

O procedimento geral de um levantamento em reservatório é construir um mapa batimétrico do fundo do lago (BRUK, 1985). Desta forma o levantamento batimétrico em reservatórios consiste na determinação de seu relevo submerso. Eakin (1939) *apud* Matos (2012) coloca que o objetivo imediato de cada batimetria é a determinação do volume e da distribuição do sedimento acumulado durante um período de tempo específico. De acordo com ANA (2013), o levantamento propriamente dito, compreende duas componentes: o posicionamento planimétrico da embarcação no instante da determinação da profundidade e a mensuração desta profundidade.

As profundidades deverão ser mensuradas com um equipamento de registro contínuo digital, com registro de ecogramas analógico ou digital, com precisão da

medição isolada superior ou igual a 20 centímetros, devidamente instalado na lateral ou no fundo da embarcação, a qual deverá se deslocar a uma velocidade lenta, entre 2 a 5 nós, garantindo a coleta mínima de uma profundidade associada a uma coordenada planimétrica a cada 2 metros ao longo da linha de sondagem percorrida. Além disso, deve-se determinar, de forma acurada, a profundidade de imersão do transdutor e efetuar a aferição do ecobatímetro durante os dias de sondagem, usando a placa de aferição ou perfilador de velocidade do som lançados na profundidade média da área em estudo (CARVALHO, 2000; ANA, 2013). Um dos erros mais significativos nos levantamentos batimétricos é a determinação correta da posição dos sensores na embarcação durante as sondagens. Metodologias têm sido desenvolvidas visando contribuir na minimização deste erro (NARDEZ *et al.* 2011).

Mesmo após o desenvolvimento dos ecobatímetros multifeixe (MBES), Ferrari (2006) afirma que o método de levantamento de linhas batimétricas, utilizando os equipamentos de feixe simples (SBES) ainda é um meio válido na realização de estudos batimétricos para determinadas condições de reservatórios. Devido ao fato de que em áreas onde se tem profundidades pequenas os ecobatímetros MBES irão se comportar como um ecobatímetro SBES, desta forma é mais viável o emprego destes últimos quando se leva em conta a relação custo/benefício.

O ecobatímetro monofeixe é composto de apenas um transdutor utilizado para a transmissão e a recepção dos pulsos acústicos. Um ecobatímetro funciona ao converter a energia elétrica, do gerador de pulso, em energia acústica. Como os transdutores não transmitem em todas as direções, a energia acústica é projetada na água em forma de um feixe orientando verticalmente. O pulso acústico viaja através da coluna de água e toca o fundo marinho resultando na reflexão, transmissão e dispersão. A energia refletida que regressa ao transdutor, o eco, é percebida pelo transdutor. O sinal elétrico depois de amplificado é passado a um detector envolvente e comparado para o ajuste do limite para filtrar o ruído do sinal. O sinal de saída é então visualizado e gravado (De SOUZA, 2007; GUIMARÃES *et al.*, *sd*; CWIK *et al.*, 2010; SILVA, 2010).

Ou seja, é um instrumento que mede a profundidade, através da emissão de pulsos acústicos no fundo do corpo d'água, de modo a mensurar o tempo de

deslocamento do sinal acústico, pela conversão do intervalo de tempo da distância percorrida da onda entre o transdutor e o fundo do reservatório. As características de um ecobatímetro são determinadas pelos seus transdutores, sendo seus parâmetros: frequência acústica, dimensão da banda, abertura do feixe e comprimento do pulso. As frequências acústicas empregadas nos levantamentos batimétricos podem variar de 8KHz a 200kHz. Quanto menor a frequência empregada maior será o alcance do sinal e a penetração no solo submerso, por exemplo, uma frequência 8 a 16 KHz (LF) possui um alcance maior que 10 km, já uma frequência de 200 a 300KHz (VHF) possui um alcance menor que 100m (OHI, 2005).

Existem equipamentos de feixe simples (SBES) que podem operar com uma frequência ou com duas frequências. No primeiro caso o interesse é a determinação do solo submerso e no segundo caso o interesse estará na profundidade submersa, e na textura do solo submerso, além da determinação do solo submerso. No caso de uma frequência tem-se que para profundidades menores que 100 m a frequência deve ser maior que 200 KHz; para profundidades menores que 1500 m a frequência deve estar entre 50 a 200 KHz; e para profundidades maiores de 1500 metros a frequência deve estar entre 12 e 50 KHz. Ressalta-se que quando há interesse nos sedimentos submersos deve-se empregar uma frequência inferior a 8 KHz (OHI, 2005).

Acoplado ao ecobatímetro deverá ser instalado um receptor GPS diferencial, visando à determinação da posição da embarcação durante a sondagem. O método empregado é o *Differential GPS* (DGPS), o qual consiste na determinação das coordenadas da estação móvel mediante o emprego das correções diferenciais geradas numa estação de referência. Estas correções são enviadas por um sistema de comunicação (p.ex. rádio de transmissão, celular, satélite geoestacionário) e dentro de um formato apropriado RTCM - *Radio Technical Committee for Maritime Service*. Quando são empregadas as correções diferenciais da fase da onda portadora ou da própria onda portadora tem-se o RTK-*Real Time Kinematic*, método mais aplicado nos levantamentos batimétricos (KRUEGER, 1996).

Segundo a ANA (2013) é necessário realizar a correção dos erros de posicionamento em relação aos movimentos da embarcação. Estes movimentos são

determinados através de sensores inerciais ou unidades de medida inercial (IMU). A situação do equilíbrio da embarcação pode ser determinada por meio de três receptores GPS, onde é necessário conhecer a distância entre as antenas instaladas na embarcação para a resolução das ambiguidades da fase da onda portadora e consequentemente a obtenção da posição da antena acoplada ao ecobatímetro (KRUEGER, 1996; IHO, 2005; ELIAS, 2003; SIMÕES, 2007). Na indisponibilidade de sensores inerciais ou compensadores de ondas é necessário realizar uma filtragem manual. Neste caso é necessário prática e conhecimento do comportamento da topografia submersa (IHO, 2005; RAMOS, 2007).

O valor final das isóbatas do reservatório será fruto da profundidade mensurada em campo devidamente corrigida devido às suas flutuações operacionais. Por esta razão, deve-se instalar no mínimo uma seção de réguas limnimétricas, com pelo menos uma Referência de Nível (RN) associada, cuja cota deverá obrigatoriamente estar atrelada ao mesmo referencial altimétrico que definiu o nível operacional normal, sendo realizadas leituras conforme necessidades observadas em campo. Para evitar a necessidade de número excessivo de réguas sugere-se a utilização do sistema GPS/RTK, capaz de estimar a posição altimétrica do barco com acurácia. (ANA, 2013; CARVALHO, 2000).

2.2.1. Método de Levantamento do Contorno do Reservatório

É realizado por meio de fotografias aéreas, em diferentes níveis de água até o seu esvaziamento. É o método mais direto, simples, preciso e adaptável para a determinação da capacidade do reservatório (HEINEMANN, 1963 *apud* ELIAS, 2003). Mas só deve ser utilizado quando já se tem um mapa base com um intervalo entre as curvas de nível bem definido não superior a 3 metros (EAKIN, 1939 *apud* MATOS, 2012).

Carvalho *et al.* (2000) e ANA (2013), definem o método como sendo a utilização de mapeamento a partir de técnicas de levantamento: topográfico convencional, GPS, restituição aerofotogramétrica, imageamento por satélite, interferometria radar ou perfilador a laser. O método do levantamento do contorno usa essencialmente os procedimentos de mapeamento topográfico por

aerofotogrametria, obtendo-se fotos do reservatório nos mais diversos níveis. O método é especialmente adequado para levantamentos aéreos quando os vãos podem ser programados para diferentes níveis de deplecionamento do reservatório em um intervalo de tempo relativamente curto.

2.2.2. Método de Levantamento da Área Molhada do Reservatório

O levantamento topo-batimétrico do reservatório pelo método do levantamento de seções transversais é o mais largamente usado para médios e grandes reservatórios (BRUK, 1985) (Figura 1). A execução dessa atividade deverá ser efetuada por meio de ecobatímetro de feixe único ou de múltiplos feixes com uma precisão de 2 a 5 metros (CARVALHO, 2000). Quando forem empregados ecobatímetros de feixe único, o trabalho no corpo principal, braços, afluentes e canais do reservatório deverão ser efetivados por linhas regulares de sondagem (LS) equidistantes, dispostas de forma transversal e longitudinal as curvas isobatimétricas da área (ANA, 2013).

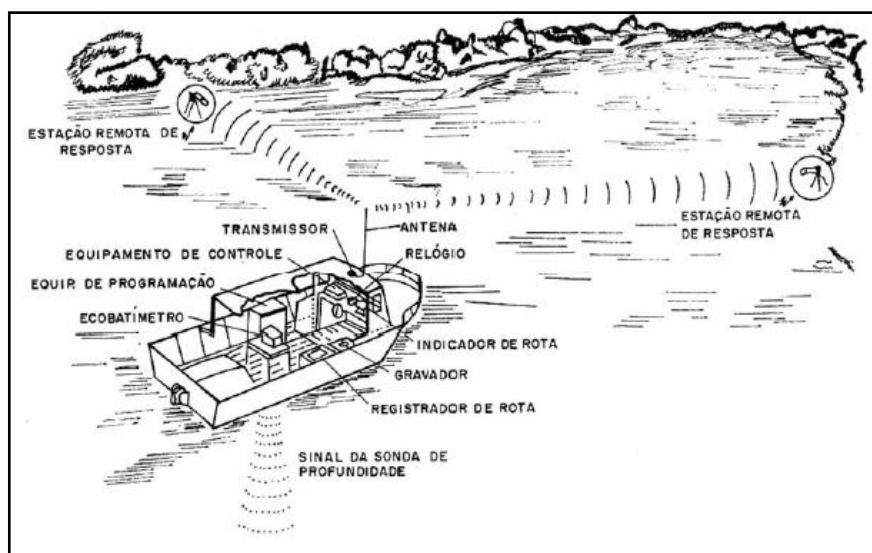


Figura 1 - Representação da operação do posicionamento de um levantamento batimétrico.
FONTE: Bruk (1985).

De acordo com a Resolução Conjunta ANEEL/ANA nº 03, de 10 de agosto de 2010, para os trabalhos com ecobatímetros de feixe único, em Usinas Hidrelétricas – UHE, a equidistância entre as linhas de sondagem transversais (ou seções topobatimétricas), no corpo principal do reservatório, deverá ser obtida pela equação 1:

$$E_{ST} = \frac{0,35A^{0,35}}{D} \quad (1)$$

Onde:

E_{ST} = equidistância das seções topobatimétricas transversais, em quilômetros;

A = área do reservatório em seu nível operacional normal, em hectares; e

D = extensão do reservatório (corpo principal), em nível operacional normal, em quilômetros.

Nas áreas do reservatório compreendidas por parcelas dos braços, afluentes e canais, a equidistância das linhas de sondagem transversais deverá ser dividida pela metade em relação às praticadas no seu corpo principal. Com respeito à equidistância das linhas de sondagem longitudinais, estas deverão ser de três vezes as praticadas para as linhas de sondagem transversais, conforme região que se encontre no reservatório (ANA, 2013).

2.3. SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES (GNSS)

O termo GNSS surgiu durante a 10ª Conferência de Navegação Aérea, em 1991, quando o ICAO (*International Civil Aviation Organization*) reconheceu que o sistema de navegação do século XXI proporcionaria um sistema global de navegação. Esse sistema se baseia em um conjunto de satélites artificiais que proporcionam dados de navegação e de observações em tempo real. Nesta conferência foram indicados duas possibilidades o GBAs (*Ground Based Augmentation System*) e o SBAs (*Satellite Based Augmentation System*). No primeiro caso, são as constelações de satélites aumentadas por estações instaladas em terra, e no segundo caso, este aumento se dá por satélites geoestacionários. As constelações de satélites mais empregadas atualmente são o NAVSTAR-GPS (*NAVigation System with Time And Ranging - Global Positioning System*, sistema americano) e o GLONASS (*GLObal NAVigation Satellite System*, sistema russo). Posteriormente contar-se-á com outras constelações como o GALILEO (*European Satellite Navigation System*, sistema europeu) e o COMPASS (sistema chinês).

Estes sistemas são compostos por segmentos: espacial, de controle e do usuário (MONICO, 2008; HUINCA, 2014).

2.3.1. NAVSTAR – GPS

O NAVSTAR-GPS foi o primeiro sistema de radio navegação desenvolvido pela Força Aérea Americana. A princípio foi desenvolvido para fins militares, e desde 1973, com um acesso limitado para usuários civis. Tendo como objetivo determinar instantaneamente a posição tridimensional, velocidade e informações sobre o tempo de um usuário, em qualquer lugar na Terra ou próximo a ela, independente das condições meteorológicas, em um referencial global e homogêneo, com base em medidas e distancias. (SEBEER, 2003; MONICO, 2008; HUINCA, 2014).

De acordo com a *U.S. Coast Guard Navigation Center* (2015), o NAVSTAR-GPS apresenta atualmente uma constelação de 32 satélites ativos. Consistindo inicialmente de uma constelação básica de 24 satélites, divididos em seis planos orbitais há aproximadamente 20.200 Km de altitude acima da superfície terrestre, onde pelo menos quatro satélites devem estar disponíveis para serem observados simultaneamente acima do horizonte, em qualquer lugar da terra, 24 horas por dia, para a realização de medidas do posicionamento em tempo real. Essa configuração é necessária para que se possam corrigir os erros de sincronismo do relógio envolvido no processo (SEEBER, 2003).

No entanto, ainda existe uma limitação da precisão do posicionamento devido a Disponibilidade Seletiva – *Selective Availability* (SA) e do *Anti-Spoofing* (AS) sobre os satélites, introduzidos pela política de segurança americana no ano de 1994. Onde a Disponibilidade Seletiva (SA) consiste na manipulação dos dados das efemérides e na frequência dos relógios dos satélites, ou seja, na degradação do sinal dos satélites. E o *Anti-Spoofing* (AS) codifica o código preciso (P) (Figura 2) sobre as duas fases da onda portadora L1 e L2 em um código secreto denominado código Y. A primeira encontra-se praticamente desativada desde o ano 2000.

De acordo com *The GPS Standard Positioning Service Signal Specification* (1995), o *Standard Positioning Service* (SPS) fornece ao usuário a frequência L1, transmitida por todos os satélites, contendo o código de aquisição (C/A) e a

mensagem de navegação. O código preciso (P) é reservado para uso militar, não fazendo parte do SPS. Mesmo com esses códigos ativos a precisão do posicionamento absoluto ainda é boa para algumas aplicações, com aproximadamente 13 metros e 22 metros, horizontal e vertical, respectivamente (SEEBER, 2003).

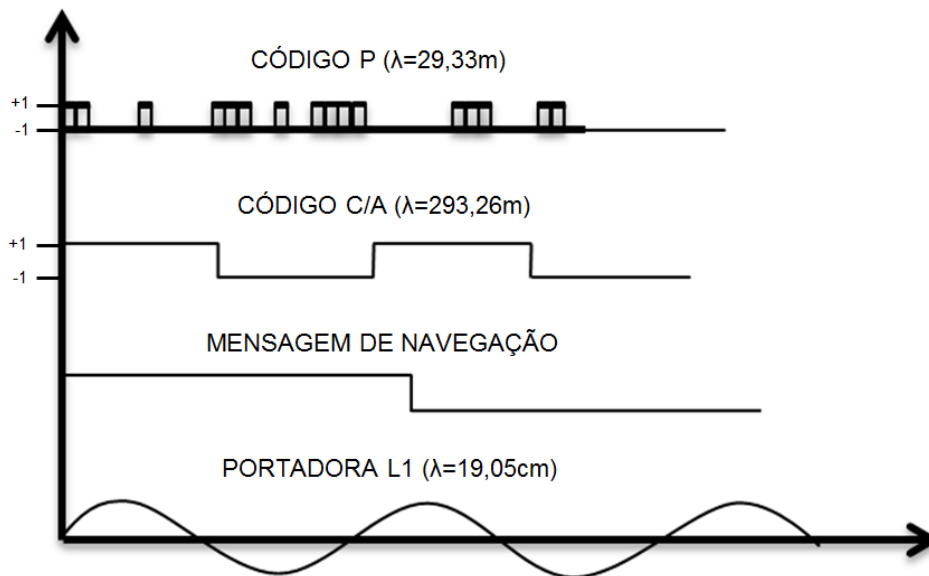


Figura 2 - Estrutura do sinal GPS.

FONTE: A autora, com dados de Illner (1995) *apud* Krueger (1996).

2.3.2. GLONASS

Foi concebido na década de 1970, na antiga URSS, pelo *Soviet Union's Scientific Production Association of Applied Mechanics*, e atualmente é desenvolvido e operado pela *Russian Federation Space Forces*. O segmento espacial da concepção do sistema consiste de uma constelação de 24 satélites ativos e três de reserva, distribuídos em três planos orbitais, com orbitas aproximadamente circulares fazendo com que a repetição do período orbital seja de oito dias siderais, há uma altitude de 19.100Km. As mensagens de navegação são moduladas na portadora e contêm informações sobre as órbitas (efemérides), almanaque e saúde dos satélites (SEEBER, 2003). De acordo com a Federal Space Agency (2015), 28 é o número total de satélites que compõe essa constelação para o ano de 2015.

Da mesma forma que o GPS, o sistema GLONASS transmite sinais das portadoras L1 e L2, moduladas por dois códigos binários, e as mensagens de

navegação. Porém, as frequências dos códigos C/A e P são quase metade do GPS, fazendo com que, teoricamente, a acurácia das pseudodistâncias do GLONASS seja pior que a do GPS (MONICO, 2008). Apesar dessa diferença as frequências desses dois sistemas são relativamente próximas, sendo possível usar uma antena combinada e um amplificador comum no mesmo equipamento, facilitando o desenvolvimento de equipamentos que rastreiam satélites de ambos os sistemas simultaneamente (SEEBER, 2003).

2.3.3. Erros dos sistemas

Os erros no sistema podem conduzir erros no resultado final do posicionamento. Sabe-se que eles existem, logo é necessário tentar minimizá-los e quando possível eliminá-los. Os principais erros derivam do sincronismo dos relógios dos satélites, efemérides, sincronismo dos relógios dos receptores, ionosfera, troposfera e efeitos de multicaminho (KENNEDY, 2002).

Todos esses parâmetros influenciam diretamente na qualidade do posicionamento, no entanto, aplicando-se a DDF (Figura 3) é possível eliminar os erros referentes ao estado dos relógios do satélite e do receptor em relação ao tempo GPS, e consequentemente, podem reduzir os demais erros.

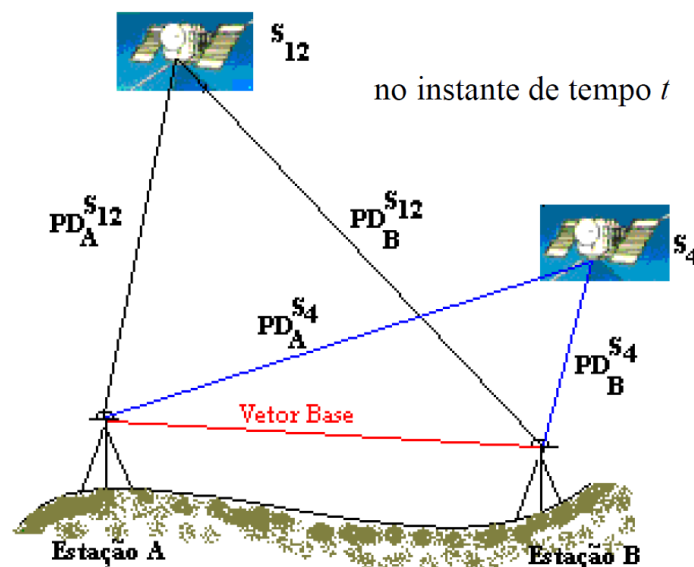


Figura 3 - Dupla Diferença de Fase.
FONTE: Krueger (2014)

Os erros atmosféricos (ionosfera e troposfera) podem ser minimizados, ou praticamente eliminados se a linha de base formada (distância entre as estações

base e móvel) for curta, isto é, de alguns quilômetros. O mesmo pode ocorrer para o erro de órbita, caso a linha de base seja superior a 80 km recomenda-se o emprego das efemérides precisas. A bibliografia indicada para esse assunto, por exemplo, é Seeber (2003), Monico (2008) e Krueger (2011).

2.3.4. Dilution Of Precision (DOP)

A precisão do posicionamento pontual depende essencialmente da precisão para o levantamento de uma pseudodistância e da configuração geométrica dos satélites com relação à antena do receptor.

Os DOP's são utilizados para verificar a qualidade do posicionamento GPS, pois representa uma medida para a geometria (KENNEDY, 2002). A partir do DOP derivam-se:

- HDOP, ou Diluição da Precisão Horizontal, é a combinação da diluição da precisão na direção Norte (N) e Este (E);
- VDOP, ou Diluição da Precisão Vertical;
- PDOP, ou Diluição da Precisão da Posição, PDOP é a combinação de ambas componentes, vertical e horizontal, do erro de posição causado pela geometria dos satélites;
- TDOP, ou Diluição da Precisão do Tempo; e
- GDOP, ou Diluição da Precisão da Geometria, é a combinação do PDOP e TDOP.

Porém, o PDOP é o mais utilizado para verificar a qualidade do posicionamento devido à sua consideração tridimensional. Onde pode ser interpretado como valor inverso do volume de um tetraedro formado das posições dos satélites observados e do usuário, de acordo com a equação (2) (MILLIKEN E ZOLLER, 1980 apud SEBEER, 2003):

$$PDOP = \frac{1}{V} \quad (2)$$

Segundo Krueger (2013) uma boa geometria corresponde ao um PDOP inferior a 5, para o método relativo, com observação de pelo menos cinco satélites.

2.3.5. Métodos de Posicionamento

O posicionamento através do GPS diz respeito à determinação da posição de objetos em relação a um referencial específico, podendo ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecem níveis de precisão que variam desde algumas dezenas de metros até poucos milímetros (Figura 4). Normalmente, é efetuado a partir da fase de batimento da onda portadora e/ou da pseudodistância. Devido à precisão da medida da fase da onda portadora ser da ordem de milímetros, ela é a observável indispensável na obtenção de posicionamentos que requeiram melhor precisão. A pseudodistância é mais utilizada em posicionamentos com precisão de ordem métrica, pois utiliza o código para determinar a distância entre o satélite e o receptor. Sendo assim o posicionamento pode ser classificado em:

- Absoluto – quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro; e
- Relativo – o vetor formado entre as estações base e móvel é calculado, possibilitando a determinação das coordenadas desta estação que estão atreladas a um referencial materializado por um mais vértices de coordenadas conhecidas.
- Diferencial – quando as coordenadas da estação móvel são determinadas em tempo real, tendo sido calculadas com o emprego das correções diferenciais geradas na estação de referência e enviadas por um meio de comunicação para uma estação móvel.

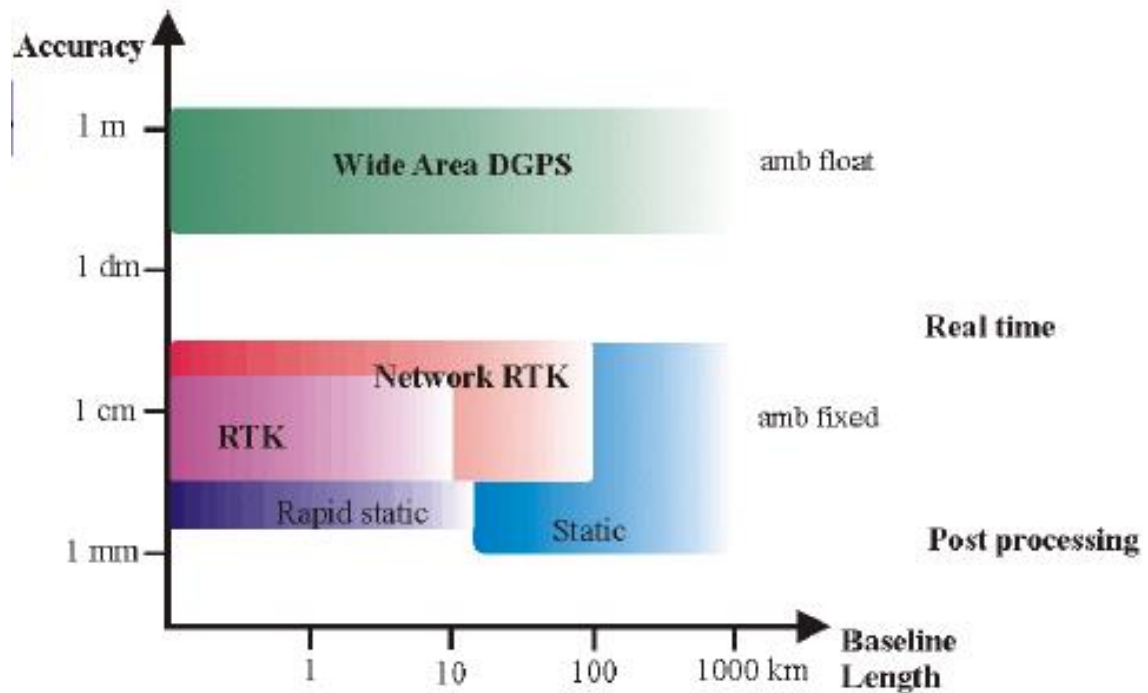


Figura 4 – Precisão dependente da linha de base para os diferentes métodos de posicionamento
 FONTE: Willigalis *et al* (2002)

2.3.5.1. Método Absoluto

Este método também é denominado na literatura de posicionamento por ponto ou isolado, pode ser realizado com as técnicas estática (antena estática) ou cinemática (antena em movimento). Esse método se caracteriza pela adoção de apenas um receptor visando a determinação das coordenadas de um ponto (ϕ , λ , h ou X, Y, Z) sobre a superfície terrestre, referidas ao sistema de referência vinculado ao sistema de posicionamento por satélites adotado, por exemplo, para o GPS é o WGS-84 (G1150) (*World Geodetic System*, 1984 – refinado para a semana GPS 1150) (IBGE, 2000) (Figura 5).

Em geral este método possibilita a determinação destas coordenadas em tempo real sendo então denominado de posicionamento por ponto (PP). Neste tipo de posicionamento normalmente são utilizados receptores de navegação, empregando-se para o cálculo da posição de pontos sobre a superfície terrestre, geralmente, a pseudodistância (PD) derivada do código C/A presente na portadora L1 e a mensagem de navegação. Neste método de posicionamento, no Serviço de Posicionamento Padrão (SPS), as precisões planimétricas alcançadas são de

aproximadamente 13 metros e 25 metros (95%), horizontal e vertical, respectivamente (SEEBER, 2003).

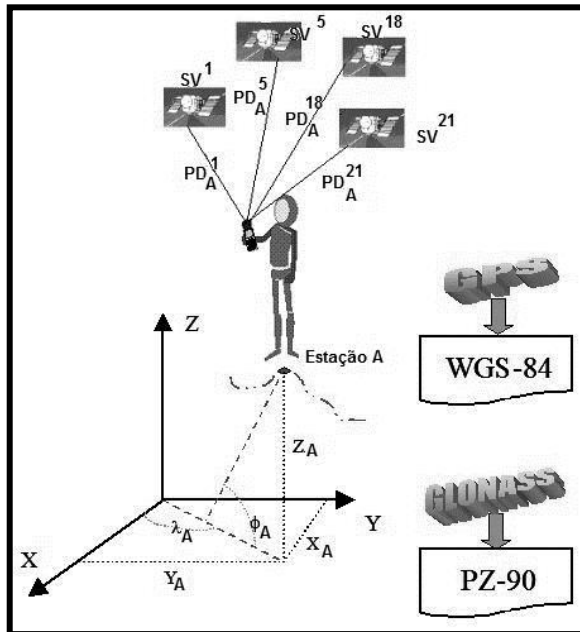


Figura 5 – Método de Posicionamento Absoluto
 FONTE: Krueger (1996).

A pseudodistância é a distância formada entre o satélite e o receptor – equação (3), envolvendo parâmetros como a época de observação (t), distancia geométrica entre a antena do satélite e a antena do receptor (R), erro de sincronismo entre o relógio do receptor e o tempo GPS (dtu), atraso na propagação do sinal (troposfera e ionosfera) entre a antena do receptor e a antena do satélite na atmosfera (dta), erro do relógio do satélite em relação ao tempo GPS (dts), frequência da portadora (f_{CR}), ambiguidades (N) e demais erros (ε) - ruído do receptor, efeito multicaminho, variação do centro de fase da antena, etc.

$$PD(t) = R(t) + cdtu(t) + cdta(t) + cdts(t) \left(\frac{N}{f_{CR}} \right) (t) + \varepsilon \quad (3)$$

Como verificado na equação (3) é necessário à determinação das ambiguidades, que, por definição, é uma incógnita correspondente ao número de ciclos inteiros formados entre o instante de transmissão e da recepção do sinal (SEEBER, 2003, CARVALHO, 1999; KRUEGER, 2011). Este termo existe na equação quando se utiliza a onda portadora, no caso em que se emprega apenas a medida do código ele não existe, visto que, o código não é ambíguo. Os efeitos ionosféricos, a refração troposférica, multicaminho e outros erros não modelados,

bem como a geometria dos satélites, afetam a solução das ambiguidades (MONICO, 2008).

2.3.5.2. Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Este método pode ser considerado um método absoluto, contudo existe o processamento dos dados coletados (códigos e fase das ondas portadoras) por receptores de uma ou duas frequências, empregando correções para os relógios dos satélites e as efemérides precisas, informações produzidas e disponibilizadas pelo IGS (*International GNSS Service*) e por centros associados por meio de programas científicos, no geral. Passando então a ser denominado de Posicionamento por Ponto Preciso.

Os dados podem ser processados por diferentes centros como, por exemplo: AUSPOS (*Australian Surveying and Land Information Group's Online GPS Processing Service*) do Departamento de Recursos, Energia e Turismo da Austrália; CSRS – PPP (*Canadian Spatial Reference System*) desenvolvido pela NRCan (*Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada*) e IBGE – PPP do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual faz uso do serviço online de processamento desenvolvido pela NRCan.

Segundo Mayer & Fuhrmann (2008) estes serviços têm como vantagens: reduções de custos, processamento automatizado, uso total e automático dos programas do *International GNSS Service* (IGS), uso global, economia de tempo e centímetros de precisão (usando as observações da fase da onda portadora, e resolução das ambiguidades). Quando se empregam as pseudodistâncias derivadas do código C/A, a precisão encontra-se na casa do metro, pois apenas os erros dos satélites e do receptor são modelados na solução (IBGE, 2014).

2.3.5.3. Método de Posicionamento Relativo Estático

No posicionamento relativo estático, tanto o receptor da estação base, quanto o da estação com coordenadas a determinar, rastreiam simultaneamente, os satélites visíveis por um período de tempo que pode variar de 20 minutos até horas.

Levantamentos realizados em linhas de base com comprimento inferior a 10 km, cujos receptores estejam estacionados em locais onde não haja ocorrência de obstrução e sob condições ionosféricas favoráveis, 20 minutos são suficientes para se conseguir solução das ambiguidades com receptores de simples frequência (IBGE, 2008).

Esta condição se modifica conforme as características da localização das estações e com o aumento do comprimento da linha de base. Para linhas de base maiores que 10 km recomendam-se a utilização de receptores de dupla frequência, bem como a utilização de efemérides e do erro do relógio do IGS; permitindo obter precisão de ordem centimétrica (MONICO, 2008).

Na Figura 4 visualiza-se que a precisão obtida com este método está ligada diretamente a linha de base formada e a solução dos inteiros das ambiguidades. Para linhas de base de 10km, por exemplo, se as ambiguidades forem fixadas a precisão relativa pode ser de milímetros, e para linhas de base da ordem de 100km tem-se cerca de centímetros para a precisão relativa.

2.3.5.4. Método de Posicionamento Relativo Cinemático

Com precisão na ordem centimétrica (1 a 10 ppm), esse método consiste em se determinar uma coordenada para cada época de observação, onde um receptor ocupa a estação base enquanto o outro permanece estacionado ou se deslocando sobre as feições de interesse. Portanto, no posicionamento cinemático, embora a antena esteja em movimento, a trajetória é descrita por uma série de pontos. Isso tem como consequência a necessidade do usuário dispor de no mínimo cinco satélites, para que haja a redundância e a solução seja passível de ser obtida (MONICO, 2008 e IBGE, 2008). Neste método é importante se aplicar um método de inicialização, por exemplo, o receptor móvel permanece estacionado por alguns minutos num ponto qualquer antes de percorrer a trajetória a ser descrita.

2.3.5.5. RTK - Real Time Kinematic

O conceito de posicionamento pelo RTK baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções diferenciais dos sinais de satélites observados, do receptor instalado na estação de referência ao receptor que percorre os vértices de interesse, ou a trajetória a ser descrita. Desta forma, proporciona o conhecimento instantâneo de coordenadas precisas dos vértices ocupados e das trajetórias percorridas (IBGE, 2008).

No modo convencional os dados de correção diferenciais são transmitidos por meio de um link de rádio instalado nas estações de referência e móvel. As soluções encontradas são provenientes da linha de base formada, conforme Figura 4 na qual se visualiza que para a linha de base de até 10km a precisão é inferior a alguns centímetros.

Um fator que limita a área de abrangência para a realização de levantamentos por RTK convencional é o alcance de transmissão das ondas de rádio. Basicamente, o alcance máximo é definido em função da potência do rádio e das condições locais em termos de obstáculos físicos. A utilização deste método, para determinação de limites artificiais, está condicionada a solução do vetor das ambiguidades como inteiro (solução fixa) (INCRA, 2013).

Nos dias atuais esta técnica pode ser aplicada enviando-se as correções diferenciais por meio da internet e da telefonia celular. Em exemplo de serviço disponível no Brasil é o RBMC-IP (Serviço da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – Protocolo Internet). Este é um serviço gratuito, implantado em 2009 e do qual participam 26 estações da RBMC. A conexão é via internet e o protocolo utilizado é o NTRIP (*Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*) (KRUEGER, 2011). Contudo a precisão está ligada diretamente ao comprimento da linha de base formada (estação da RBMC selecionada e a estação móvel).

2.3.5.6. Differential GPS - DGPS

O DGPS tem fundamento análogo ao RTK, em que a aplicação desse sistema possibilita uma minimização da influencia dos erros do relógio dos satélites, das efemérides e da propagação do sinal na atmosfera. Porém a observável usada é

a pseudodistância a partir do código C/A (KRUEGER, 1996; INCRA, 2013). Segundo Krueger (1996) a precisão alcançada com o emprego das correções do código C/A pode ser de 1 a 5 metros com a SA desativada (seção 2.3.1), dependendo ainda da distância entre a estação de referência e a móvel (SEEBER, 2003). Se o usuário emprega a correção diferencial do código suavizado pela portadora, que consiste no fato de que as observações da fase da portadora são utilizadas para suavizar as observações do código com um filtro adequado, sem resolver as ambiguidades, a precisão obtida é inferior a 3 metros. Estas precisões eram muito importantes quando a SA estava ativada, por isto este método diferencial foi desenvolvido e aplicado em larga escala antes do ano 2000.

2.3.6. Mensagem NMEA-0183

O arquivo NMEA é a uma mensagem padrão desenvolvido pela *National Marine Electronics Association* disponíveis nos receptores GNSS, onde os padrões desta mensagem são definidos pela *NMEA 0183 Standard for Interfacing Marine Electronic Navigational Devices*. É um protocolo usado pelos receptores GPS para transmitir dados, com bytes de 8 bits, sem paridade e 1 bit de parada, em caracteres ASCII. O padrão definido pela NMEA, para a taxa de transmissão de dados, é de 4800 bps, porém outras velocidades de transmissão podem ser utilizadas. É compatível com a porta serial, padrão RS232C, que comumente é usada na maioria dos computadores e receptores GPS (SOARES, 2009).

O objetivo é a transmissão de dados como soluções do posicionamento, rumo, velocidade, entre outros parâmetros que possibilitam manter uma navegação em tempo real. Uma dessas mensagens é a do tipo GGA (Tabela 1), que contém informações do tempo de coleta dos dados, coordenadas, direção das coordenadas, indicador da qualidade do posicionamento, número de satélites observados, diluição da precisão do posicionamento e altitude elipsoidal em metros (AFONSO, 2006).

Todas as mensagens começam com caractere especial (\$) com o identificador da mensagem, onde os dados seguem delimitados por vírgula (,). Mesmo quando há falta de uma informação seu espaço é deixado em branco e

separado por vírgula. O asterisco (*) é delimitador da soma de verificação, contido no último campo do arquivo (TRIMBLE, 2014).

A Figura 6 mostra um exemplo de uma destas mensagens contendo 12 colunas, com sua descrição na Tabela 1, em que esse tipo de mensagem pode ter um comprimento máximo de até 82 caracteres, e sua forma geral, é:

\$GNGGK, hmmmss.ss, ddmmyy, ddmm.mmmmmmm, N,
ddmm.mmmmmmm,E,x,xx,x.x,EHTxxxx.xxxx,M*xx

Tabela 1 – TABELA DA MENSAGEM NMEA \$GNGGK (POSIÇÃO).

CAMPO	SIGNIFICADO
1	Tipo de mensagem
2	Tempo do posicionamento em UTC no formato hhmmss.ss
3	Data do posicionamento em UTC no formato ddmmyy
4	Latitude em graus e minutos no formato ddmm.mmmmmmm
5	Indicativo de N ou S
6	Longitude em graus e minutos no formato ddmm.mmmmmmm
7	Indicativo de E ou W
	Indicador da qualidade do posicionamento:
	0 - falta de informação
8	1 - posicionamento absoluto
	2 - solução flutuante RTK
	3 - solução fixa RTK
9	Número de satélites observados
10	Diluição da precisão (DOP)
11	Altitude elipsoidal (m)
12	Verificadores de paridade

FONTE: TRIMBLE (2014).

```

$GNGGK,175345.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862440,W,1,13,1.5,EHT777.607,M*5B
$GNGGK,175346.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862441,W,1,13,1.5,EHT777.607,M*59
$GNGGK,175347.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862441,W,1,13,1.5,EHT777.607,M*58
$GNGGK,175348.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862441,W,1,13,1.5,EHT777.607,M*57
$GNGGK,175349.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862442,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*5A
$GNGGK,175350.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862442,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*52
$GNGGK,175351.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862443,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*52
$GNGGK,175352.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862443,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*51
$GNGGK,175353.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862444,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*57
$GNGGK,175354.00,113012,2508.7135722,S,04851.7862444,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*50
$GNGGK,175355.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862445,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*51
$GNGGK,175356.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862445,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*52
$GNGGK,175357.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862446,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*50
$GNGGK,175358.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862446,W,1,13,1.5,EHT777.608,M*5F
$GNGGK,175359.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862447,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*5E
$GNGGK,175400.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862447,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*55
$GNGGK,175401.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862447,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*54
$GNGGK,175402.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862448,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*58
$GNGGK,175403.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862448,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*59
$GNGGK,175404.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862448,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*5E
$GNGGK,175405.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862449,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*5E
$GNGGK,175406.00,113012,2508.7135723,S,04851.7862449,W,1,13,1.5,EHT777.609,M*5D

```

Figura 6 – Amostra das mensagens NMEA-0183 com informações do GPS do levantamento cinemático no Reservatório de Capivari-Cachoeira.

FONTE: A autora (2015).

2.4. PROCESSAMENTOS

É através do pós-processamento que são inseridas as efemérides precisas, por exemplo, as finais que só ficam disponíveis depois de aproximadamente 15 dias da observação pelos centros de análises como o IGS. A partir das efemérides são disponibilizados os parâmetros para corrigir o tempo do relógio do satélite, os parâmetros para determinar a órbita kepleriana do satélite e os parâmetros perturbadores desta órbita. O processamento pode ser realizado por meio de softwares livres, proprietários ou pelo serviço online do IBGE.

2.4.1. Processamento *Leica Geo Office Combined*

O *Leica Geo Office Combined* (LGO) é um *software* proprietário para processamento de dados GNSS, permitindo a importação e exportação dos dados, determinação das coordenadas precisas de pontos de interesse. É possível realizar processamentos para determinação de coordenadas precisas a partir da inserção de uma estação de controle e referência com coordenadas conhecidas, efemérides precisas, bem como configurações sobre o equipamento utilizado.

2.4.2. Processamento IBGE-PPP

É um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS (*Global Navigation Satellite System*), que faz uso do programa CSRS-PPP (*GPS Precise Point Positioning*) desenvolvido pelo *Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada* (NRCan). Permite a obtenção de coordenadas de boa precisão no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e no *International Terrestrial Reference Frame* (ITRF), utilizando receptores GPS e/ou GLONASS. No posicionamento com GNSS, normalmente refere-se à obtenção da posição de um ponto utilizando as observáveis da fase da onda portadora, coletadas por receptores de duas frequências e em conjunto com os produtos precisos (órbitas e erro dos relógios dos satélites), disponíveis no IGS ou NRCan (IBGE, 2013).

Existe uma rede de receptores GNSS que opera continuamente, o *Canadian Active Control System* (CACS). Essa rede permite determinar o posicionamento com uma precisão que varia de centímetro até alguns metros em relação ao quadro de referência espacial do Canadá sem realmente ocupar uma estação de referência, devido à disponibilidade de efemérides precisas, correções dos relógios dos satélites e dados observacionais dos pontos de controle ativo (NRCan, 2014).

É necessário o envio do arquivo das observações (*.AAO) nos formatos RINEX (Figura 7) ou HATANAKA, os quais possuem informações como dados de observação e dados meteorológicos. Estes arquivos contêm um cabeçalho, com informações gerais sobre o arquivo, e uma seção de dados. Os arquivos de observação e meteorológicos contêm dados para uma determinada estação e sessão. Os arquivos de navegação (*.AAN) fornecem parâmetros orbitais, coeficientes para a correção ionosférica, informações sobre os satélites e sinais por estes transmitidos. No entanto, este arquivo não precisa ser enviado, pois estes serviços empregam as informações precisas obtidas pelos centros de processamento como o IGS.

```

2 OBSERVATION DATA M
LEICA GEO OFFICE 7.0 13-4-15 13:54

6481201_14413295
6481201_14413295
472648 LEICA GX1230GG 7.02
LEIAX1202
3800892.1754 -4351719.3199 -2693963.0912
2.0000 0.0000 0.0000
L1PhaOff: 0.0648 L2PhaOff: 0.0622

1 1
6 C1 L1 D1 P2 L2 D2
2012 12 1 14 41 39.000000
2012 12 1 19 25 46.000000
16
29

G 1 C1 L1 D1 P2 L2 D2
G 1 0 0 0 0 0 0
G 2 2493 2493 2493 2489 2489 2489
G 3 0 0 0 0 0 0
G 4 6293 6293 6293 6281 6281 6281
G 5 11523 11523 11523 11523 11523 11523
G 6 0 0 0 0 0 0
G 7 9562 9562 9562 9543 9543 9543
G 8 16741 16741 16741 16741 16741 16741
G 9 7391 7391 7391 7386 7386 7386
G10 7712 7712 7712 7704 7704 7704
G11 0 0 0 0 0 0
G12 3400 3400 3400 3398 3398 3398
G13 6467 6467 6467 6457 6457 6457
G14 0 0 0 0 0 0
G15 10353 10353 10353 10352 10352 10352
G
R24 0 0 0 0 0 0

PRN / # OF OBS
END OF HEADER

12 12 1 14 41 39.000000 2 11G28G 5G 7G 8G10G13R 7R 6R 9R16R 5
21102739.280 110895643.16759 -524.031 21102742.840 86412203.36457
-524.030
23578588.200 123906316.56557 -440.990 23578595.260 96550405.97856
-440.990
21621004.380 113619144.83859 261.747 21621008.900 88534417.07057
261.748
21021090.620 110466576.03959 62.756 21021095.140 86077869.82557
62.757
20864429.720 109643317.79859 105.121 20864434.080 85436369.10258
105.122
21692522.740 113994976.36259 209.181 21692527.220 88827272.18857
209.182
20294095.160 108635879.90319 -396.733 0.000 0.00000

```

Figura 7 - Exemplo de arquivo das observações no formato RINEX, para as observações, *AAo.
FONTE: A autora (2015).

Juntamente com o arquivo de observações GNSS nos formatos RINEX ou HATANAKA submetido pelo usuário, o serviço IBGE-PPP utiliza arquivos como órbitas e relógios dos satélites, correções de ionosfera, correções dos desvios e variações dos centros de fase das antenas dos satélites e receptores, parâmetros de transformação entre os referenciais ITRF e SIRGAS2000, modelo de carga oceânica FES2004, modelo de velocidades VEMOS2009 e o Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2010 para gerar os resultados. Para levantamentos estáticos espera-se no geral uma precisão na ordem do centímetro, exceto para tempos maiores de ocupação com receptores de duas frequências como observado na Tabela 2.

Tabela 2 – PRECISÃO PLANIMÉTRICA, EM METROS, ESPERADA PARA UM LEVANTAMENTO ESTÁTICO.

TEMPO DE OCUPAÇÃO	PRECISÃO PARA UMA FREQUÊNCIA (m)	PRECISÃO PARA DUAS FREQUÊNCIAS (m)
>1 HORA	0,450	0,030
>2 HORAS	0,300	0,015
>4 HORAS	0,200	0,006
>6 HORAS	0,180	0,004

FONTE: A autora, com dados de IBGE (2015).

2.5. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante na organização das sociedades. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade deste século, da tecnologia de Informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o surgimento do geoprocessamento (CÂMARA, 2001).

“Portanto, a partir de um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que por meio de técnicas, é possível integrar dados, das mais diversas fontes, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georreferenciados, de informações produzidas por meio de aplicações, visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas quando se trata de monitoramento, planejamento e tomada e decisão relativas ao espaço geográfico” (ROSA, 2005, p. 81).

Existem outros sistemas que também proporcionam a manipulação de dados espaciais - como o CAD - porém o SIG se caracteriza por permitir a realização de complexas operações de análise sobre os dados espaciais, podendo manipular dados gráficos e não gráficos de forma integrada. Normalmente, são desenvolvidos de forma integrada, ou suportados por um sistema gerenciador de banco de dados. O banco de dados geográfico é capaz de armazenar tanto a geometria como os atributos dos objetos, o qual garante eficiência no acesso e modificações de grandes volumes de dados, integridade (controle de acesso por múltiplos usuários) e

persistência (manutenção dos dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado) (FILHO, 2013).

2.5.1. ArcGIS

O ArcGIS é um pacote de *softwares* desenvolvido pela empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. O ArcGIS disponibiliza em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) uma gama de ferramentas de forma integrada. Permite pesquisas e análises espaciais, criação e edição de dados, padronização e impressão de mapas. Também disponibiliza ferramentas para a exploração, armazenamento, pesquisa e gerenciamento de dados, criação, preenchimento de metadados e interpolação espacial (SANTOS, 2009).

2.5.2. Interpoladores

Devido à dificuldade de visitar todas as localizações e recolher dados (elevação, precipitação, poluição, ruído, granulometria ou) de qualquer outro fenômeno com uma distribuição contínua, a alternativa é recolher os dados a partir de locais de amostragem e estimar valores para o resto da superfície. A interpolação é o processo que permite realizar esta estimativa. O principal pressuposto da interpolação espacial é a de que pontos que estão mais próximos são mais parecidos do que aqueles que se encontram mais distantes (1ª lei da geografia de Waldo Tobler). Qualquer valor de uma localização deverá ser estimado com base nos valores dos pontos mais próximos. Existem diversos métodos de interpolação como IDW, *Spline* e Krigagem (MARTINS *et al*, 2002).

O método de interpolação *Spline* acomoda uma superfície flexível, como se ela estivesse esticando uma folha de borracha ao longo de todos os valores de pontos conhecidos. Este efeito é útil quando se quer valores estimados que estejam abaixo do mínimo ou acima dos valores máximos encontrados nos dados de amostra. Quando os pontos de amostra são próximos entre si e têm diferenças extremas em valor, a interpolação *Spline* não funciona bem. Isso porque este

método usa cálculos de declividade (alteração pela distância) para descobrir a forma do terreno. Fenômenos que causam alteração de valores da superfície repentinamente, tais como uma face do morro ou uma linha de falha, não são representados bem por uma superfície curva suave (CHILDS, 2004).

A Krigagem é uma técnica de média ponderada, exceto que a fórmula de ponderação na Krigagem usa uma matemática mais sofisticada. Em que mede distâncias entre todos possíveis pares de pontos e usa essa informação para modelar a autocorrelação espacial para a superfície particular que se está interpolando. Ou seja, a Krigagem faz seus cálculos para seus dados analisando todos os pontos de dados para descobrir o grau de autocorrelação (CHILDS, 2004).

2.5.2.1. Método *Inverse Distance Weighted* – IDW

O método de interpolação IDW é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem uma influência local que diminui com a distância. É um método determinístico local, ou seja, faz previsões a partir dos pontos mensurados com vizinhos mais próximos daquela área, admitindo que os pontos mais próximos para o processamento da célula, influem mais fortemente que aqueles mais afastados. O uso de interpolador IDW é recomendado quando a variável a ser mapeada diminui com a distância na localização amostrada (WEI & MCGUINNESS, 1973).

Este interpolador funciona melhor para conjuntos de pontos de amostra densos, igualmente espaçados. Não considera tendências nos dados, então, caso o conjunto de dados tenham alguma peculiaridade, a superfície interpolada tirará uma média ao invés de preservá-la. Considera os valores dos pontos da amostra e a distância separando-os da célula estimada. Pontos de amostra mais próximos da célula tem uma influência maior no valor estimado da célula do que pontos de amostra que estão distantes, assim, a qualidade da interpolação pode diminuir quanto maior for a heterogeneidade da distribuição das amostras. Vale lembrar que este método não faz estimativas acima dos valores máximos de amostragem ou abaixo dos mínimos (UFES sd.).

Considerado um método determinístico, não utilizam teorias de probabilidade, mas considera a superfície interpolada como variações graduais, dependendo do número de pontos amostrados, podendo ser necessária a utilização de barreiras no processo de interpolação, ou seja, a utilização de um conjunto de dados (*i.e.*, uma linha) como uma divisória que limita a busca de pontos de amostra de entrada (HAITHCOAT, sd).

Além da barreira, é possível ajustar o poder de influência que os valores dos pontos da amostra têm sobre o processo de interpolação através do parâmetro de potência, onde, com o aumento da potência, o valor interpolado assume o valor mais próximo da amostra (HARTKAMP *et al.*, 1999). E o raio de pesquisa, que pode ser fixo ou variável, limita o número de pontos de entrada usados para calcular cada célula interpolada, melhorando a velocidade de processamento. Além disso, é possível limitar o número de pontos, pois os pontos mais distantes da localização da célula a ser interpolada podem não apresentar correlação espacial (ESRI, 2003).

3. ÁREA DE ESTUDO

A Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza entrou em operação em outubro de 1970, porém foi inaugurada oficialmente em 26 de Janeiro de 1971, quando entrou em operação comercial, sendo considerada a maior central subterrânea do sul do país. (COPEL, 2011).

Segundo informações retiradas da COPEL (2011), para a construção da Usina foram represadas as águas do rio Capivari, localizado no primeiro planalto, a 830 metros acima do nível do mar. Este represamento foi possível pela construção de uma barragem de terra de 58 metros de altura e 370 metros de comprimento. Da barragem, as águas são desviadas para o rio Cachoeira, no litoral, obtendo-se um desnível de aproximadamente 740 metros, sendo as águas conduzidas por um túnel subterrâneo de 15,4 km que atravessa a Serra do Mar.

No sopé da montanha, três grandes cavernas foram escavadas, compondo a central subterrânea: sala de válvulas, sala de máquinas e sala dos transformadores. Na sala de máquinas, quatro geradores de 62.500 KW de potência cada, garantem ao Paraná uma produção anual de 900 milhões de KWh (COPEL, 2011).

O reservatório de Capivari-Cachoeira está localizado na Rodovia BR-116 (trecho Curitiba - São Paulo), entre os municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul, com coordenadas geográficas situadas a 25°07' de Latitude Sul e 48°44' de Longitude Oeste, a 50 km de Curitiba (Figura 8) (CARVALHO, 2009; COPEL, 2011). Possui uma área de aproximadamente 13 Km², volume de 179.000.000 m³; e profundidade média de 14 metros e máxima de 43 metros (CARVALHO, 2009; IAP, 2010; FCMC, 2014).

De acordo com o Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira realizado pela Agência das Bacias PCJ referente ao mês de fevereiro de 2014, o reservatório tem como volume útil 69,65hm³, cota e volume mínimo operacional, valores de 811,72m e 199,20m³; assim como para seu máximo operacional com valores de 821,88m e 116,57m³, respectivamente.

A bacia hidrográfica do rio Capivari está localizada no Primeiro Planalto Paranaense, em uma região onde, de acordo com a classificação de Köppen, predomina o clima subtropical úmido (Cfa). O clima regional, dito mesotérmico, é

caracterizado com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e inverno com geadas esporádicas (COPEL, 1971; CARVALHO, 2009; IAPAR, 2014).

De acordo com o IAPAR (2014) e CPRM (2014) a área de estudo possui uma pluviosidade de 2000 a 2500 mm ao ano, 250 a 350 mm para trimestre mais seco, que engloba os meses de junho, julho e agosto, e 900 a 1000 mm no trimestre mais chuvoso, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Sendo o coeficiente de variação de precipitação anual em torno de 15 a 20%.

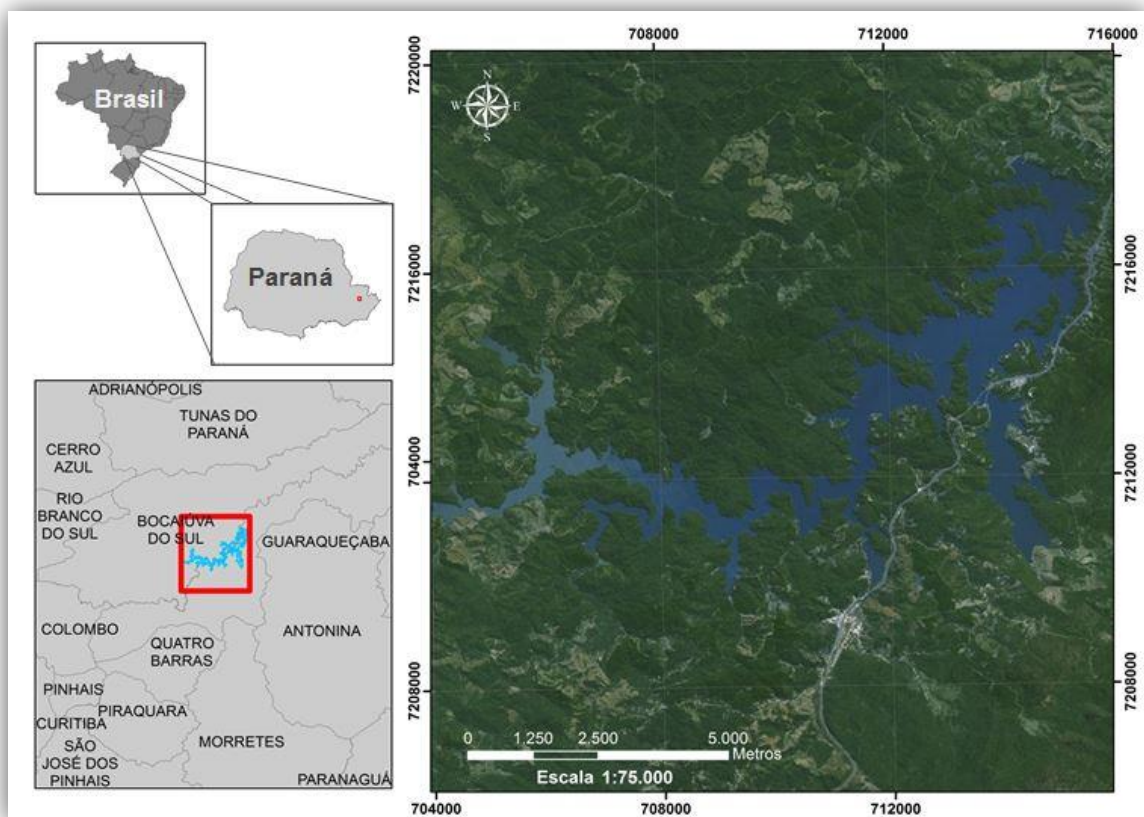


Figura 8 - Reservatório de Capivari localizado entre os municípios de Campina Grande do Sul e Bocaíuva do Sul, estado do Paraná. Coordenadas em projeção UTM – Sistema de Referência SIRGAS 2000.

FONTE: A autora, com base de dados de *Bing Maps* e SPU.

4. METODOLOGIA

Devido à falta de dados pretéritos confiáveis na área em estudo, decidiu-se pela determinação das coordenadas geodésicas precisas de dois marcos já existentes nesta área, os quais serviram como estações de referência para os levantamentos RTK e como estações base para os posicionamentos cinemáticos da embarcação. Estes marcos estão localizados nas imediações da barragem.

Os marcos MSC04 e MC01 tiveram as suas coordenadas precisas determinadas através do processamento de linhas de base, utilizando-se o *software* comercial *Leica Geo Office Combined* (seção 2.4.1) no sistema de referência SIRGAS2000.4. Também foram obtidas as coordenadas destes marcos por meio do serviço online PPP do IBGE (seção 2.3.5.2), bem como, essas coordenadas denominadas de absolutas foram extraídas do arquivo RINEX (Figura 7).

Posteriormente foram realizados levantamentos batimétricos buscando explorar, medir e descrever o relevo submerso. Nesses levantamentos, utilizou-se o sistema RTK (seção 2.3.5.5) para o posicionamento bidimensional da embarcação acoplado ao sistema ecobatimétrico, para o levantamento das profundidades. Esses levantamentos proporcionaram uma análise das precisões alcançadas com o RTK.

A trajetória descrita pela embarcação no dia 01 de dezembro de 2012 foi processada por diferentes métodos de posicionamento, sendo o método de posicionamento relativo cinemático (MPRC) (seção 2.3.5.4), pelo serviço online PPP do IBGE (seção 2.3.5.2) e RTK (seção 2.3.5.5).

4.1. LEVANTAMENTO ESTÁTICO

Conforme exposto anteriormente devido à falta de dados pretéritos confiáveis na área em estudo, decidiu-se pela ocupação de dois marcos já existentes, localizados nas imediações da barragem. Na Figura 9, observam-se o dois marcos denominados de MC01 e MSC04, bem como, o contorno do reservatório. Estes marcos tiveram suas coordenadas geodésicas determinadas através do processamento de linhas de base.

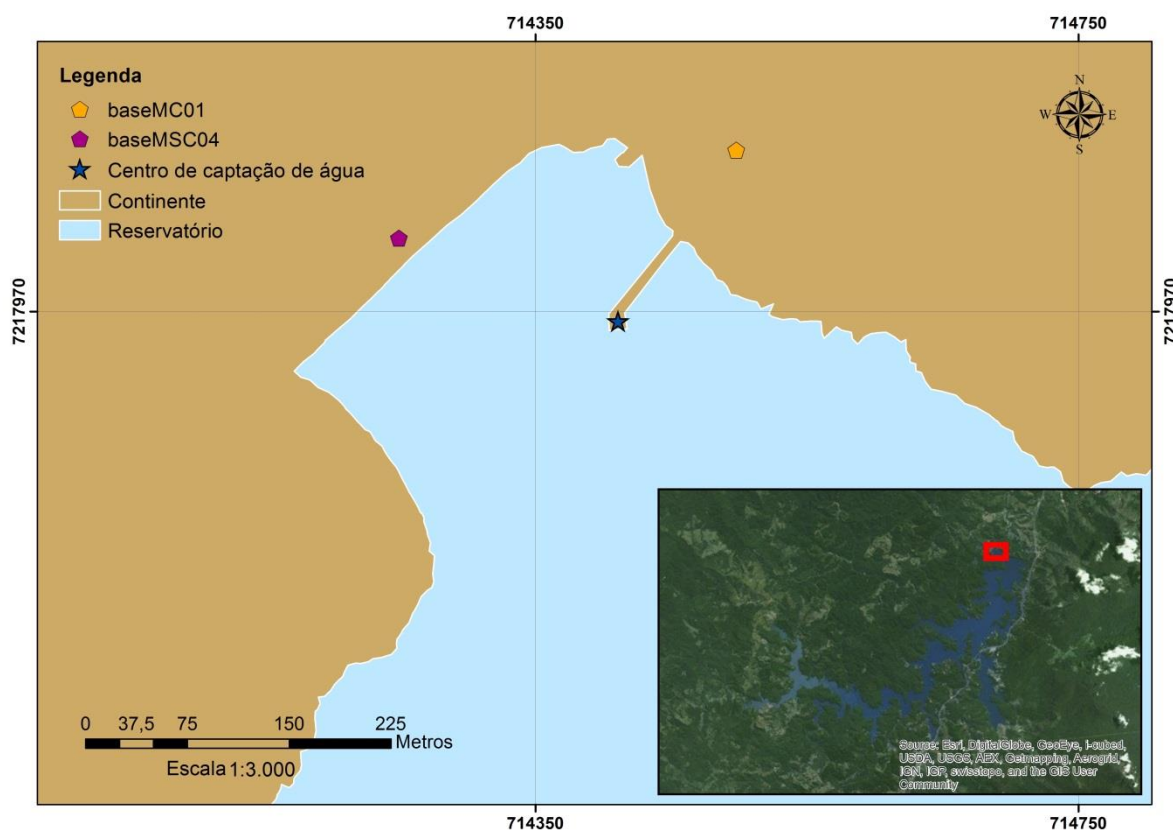


Figura 9 - Localização das bases MC01 e MSC04.

FONTE: A autora, com base de dados de Hilgert (2012) e ESRI (2015).

O marco MSC04 foi posicionado com relação ao marco UFPR (93970) localizado em Curitiba, no Campus do Centro Politécnico da UFPR. Esse marco pertence à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, cujas coordenadas são conhecidas em SIRGAS2000.4. Suas coordenadas e suas precisões encontram-se na Tabela 3 e no ANEXO 3 apresenta-se o descritivo desta estação da RBMC.

Tabela 3 - COORDENADAS DO MARCO UFPR (SIRGAS2000.4) E SUAS PRECISÕES.

ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)
UFPR	25° 26' 54,1269" S	49° 13' 51,4372" W	925,807
SIGMA (m)	0,001	0,001	0,004

FONTE: IBGE (2010).

O rastreamento estático teve duração de 3 horas 16 minutos e 30 segundos, atendendo as recomendações para levantamentos relativo estático – GPS do IBGE (2008), com um intervalo de coleta de dados de um segundo, no dia 20 de novembro de 2012. Foi empregado 1 receptor/antena geodésicos *Leica* 900 e o método de Posicionamento Relativo Estático (seção 2.3.5.3), formando uma linha de base de aproximadamente 55 Km com o marco da UFPR.

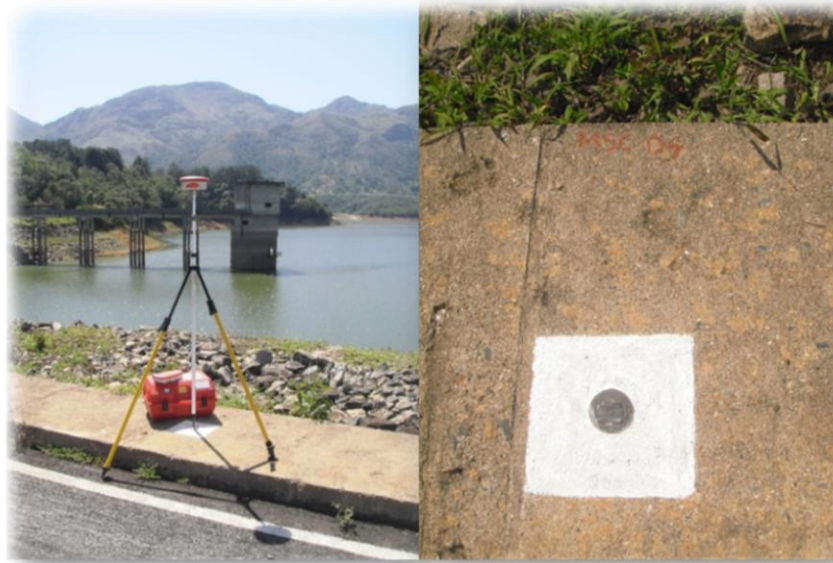


Figura 10 - Marco MSC04 localizado na barragem do Reservatório de Capivari-Cachoeira.
FONTE - Modificado de Krueger (2012).

O marco MC01 foi posicionado com relação ao marco MSC04 localizado no reservatório (Figura 9 e Figura 10). Na Figura 11 observa-se o receptor/antena geodésico *Leica* 1200 devidamente instalado neste marco. O posicionamento relativo estático foi executado no dia 29 de novembro de 2012, teve uma duração de 30 minutos e 40 segundos com intervalo de gravação de dados de 1 segundo.



Figura 11 - Marco MC01 localizado próximo à estação de captação de água do Reservatório de Capivari-Cachoeira.
FONTE: Viski (2012).

4.1.1. Determinação do Posicionamento Absoluto

Nesta etapa foram extraídas as coordenadas geodésicas dos marcos MC01 e MSC04 e seus respectivos desvios padrão através do método absoluto (MA), com precisão na ordem do metro (Tabela 4). Essas informações foram visualizadas antes do processamento dos dados coletados nos marcos MC01 e MSC04 por meio do *software Leica Geo Office Combined* (LGO). Os maiores desvios padrão foram obtidos para a altitude elipsoidal, como era de se esperar.

Tabela 4 - COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO MA EM SIRGAS2000.4.

MARCO	LATITUDE DESVIO (m)	LONGITUDE DESVIO (m)	ALTITUDE (m) DESVIO (m)
MC01	25° 08' 16,41009" S 1,0424	48° 52' 20,28153" W 1,1141	804,7439 2,4276
MSC04	25° 08' 18,69092" S 0,5962	48° 52' 29,12475" W 0,4887	794,243 1,3418

FONTE: A autora (2015).

4.1.2. Processamento dos dados estáticos

Os dados coletados, conforme descrito na seção 4.1, foram pós-processados utilizando-se o programa comercial LGO, no sistema de referência SIRGAS2000.4. Para a determinação das coordenadas do marco MSC04 foi empregado o método de posicionamento relativo estático, com máscara de elevação de 15 graus (Figura 12), efemérides transmitidas, dupla frequência e como estação de referência e controle a UFPR. Com o processamento destes dados não ocorreu mais de 98% das ambiguidades fixadas, sendo necessário analisar conjuntamente as informações advindas do processamento, tomando decisões quanto a eliminação total ou parcial de satélites observados e o aumento na máscara de elevação.

Devido ao menor tempo de observação de alguns satélites (Figura 12) em relação aos demais, decidiu-se excluir dois períodos de observação de todos os satélites, o que conduziu a solução de 100% das ambiguidades. O primeiro foi para o intervalo entre 12 h 01 min e 00 seg e 12h 40 min 00 seg, e segundo a partir das 12h 18 min 44 seg como observado na Figura 13, representados pelas áreas em branco das faixas. Nessa figura visualiza-se que 15 satélites foram observados durante o levantamento.

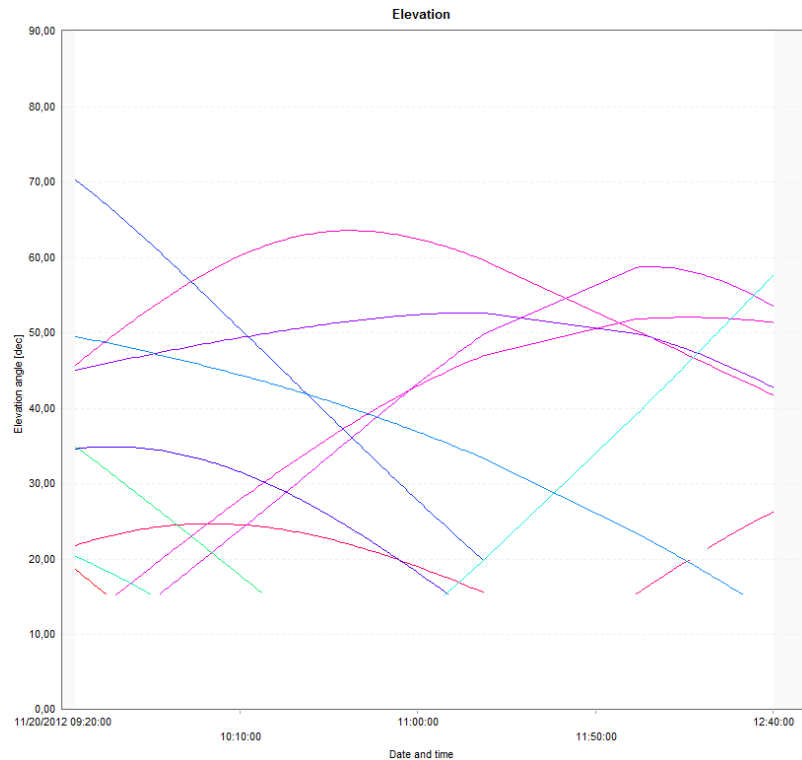


Figura 12 - Gráfico da elevação dos satélites para o marco MSC04.
FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

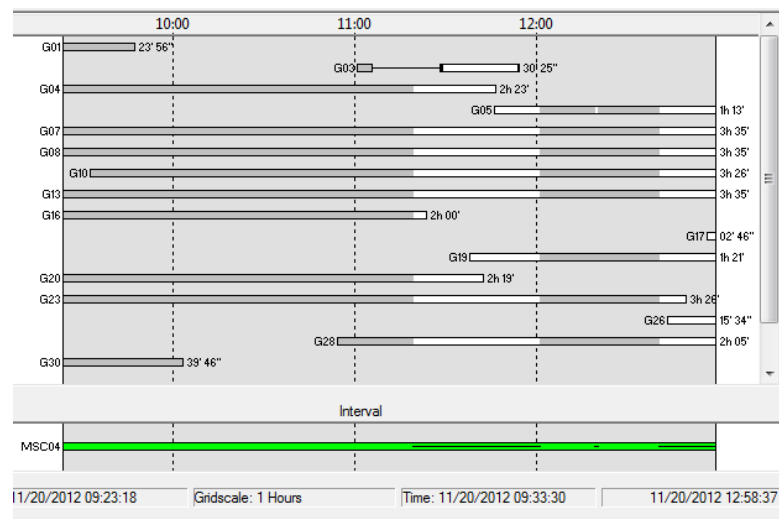


Figura 13 - Satélites observados durante o levantamento relativo estático do marco MSC04.
FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

A determinação das coordenadas do marco MC01 foi efetuada empregando-se o método de posicionamento relativo estático, com máscara de elevação de 15 graus com a presença de 14 satélites (Figura 14), efemérides transmitidas, dupla frequência, e como estação de referência e controle o marco MSC04, o qual teve suas coordenadas precisas determinadas anteriormente. Analisando o relatório do processamento de dados a solução obtida não atendeu aos parâmetros exigidos (por exemplo: mais 98% das ambiguidades fixadas e evitar perdas de sinal).

Verificou-se que alguns satélites apresentaram perdas de sinal, optou-se pela exclusão do satélite G07 no período compreendido entre as 13 h 51 min 04 seg e 14 h 04 min e 44 seg (Figura 15), o que proporcionou 100% da resolução das ambiguidades.

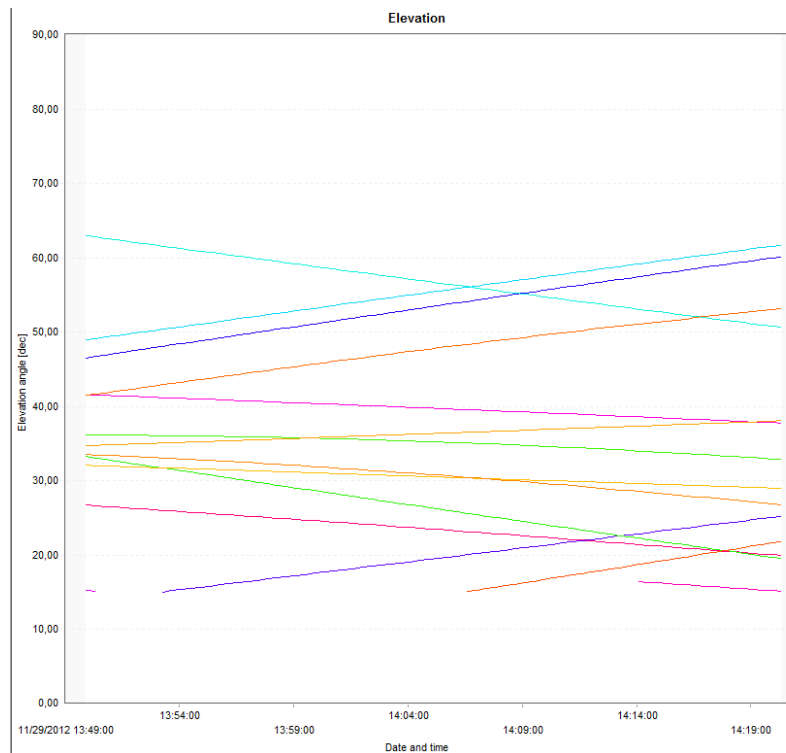


Figura 14 – Gráfico da elevação dos satélites para o marco MSC04.
FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

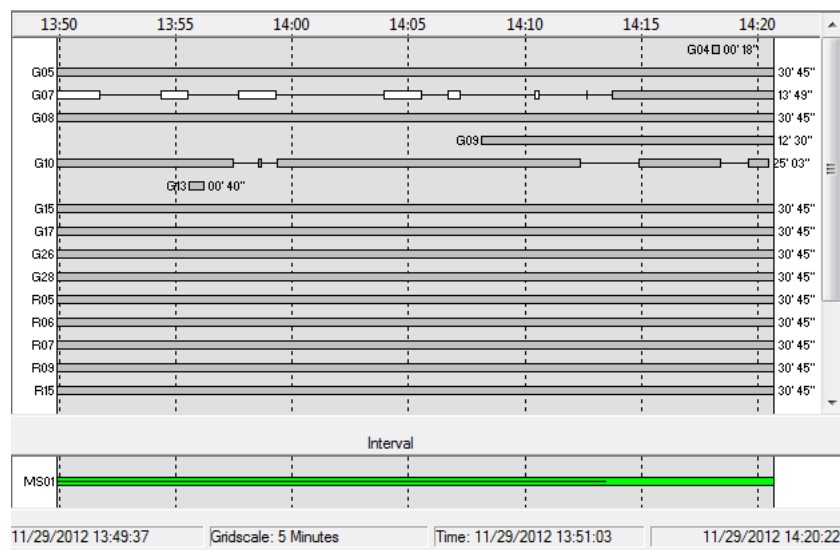


Figura 15 – Satélites observados durante o levantamento relativo estático do marco MC01.
FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

4.1.3. Processamento pelo Posicionamento por Ponto Preciso

Neste método de posicionamento foram necessários apenas os dados brutos dos marcos MC01 e MSC04, gravados a cada 1 s, e convertidos no formato RINEX. Esses arquivos foram enviados online para o serviço IBGE- PPP (seção 2.4.2), o qual disponibiliza um relatório (ANEXOS 03 e 04) com informações sobre a observação processada, órbitas dos satélites empregadas, máscara de elevação, intervalo do processamento, modelo e altura da antena, coordenadas em SIRGAS2000.4 com seus desvios padrão, altitude ortométrica e ondulação geoidal.

4.2. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

Na área do reservatório foram realizados levantamentos batimétricos buscando explorar, medir e descrever o relevo submerso. Nesses levantamentos, utilizou-se o sistema RTK (seção 2.3.5.5) para o posicionamento bidimensional da embarcação acoplado ao sistema ecobatimétrico, para o levantamento das profundidades, conforme Figura 16 (APÊNDICE 1).

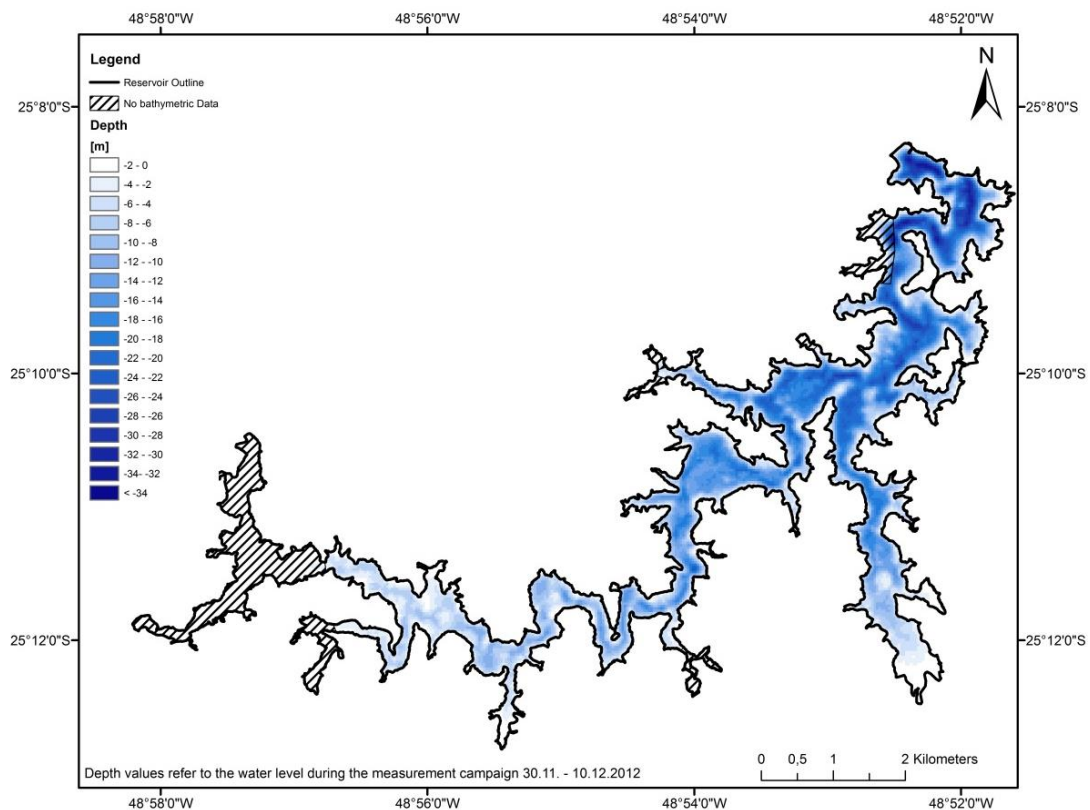


Figura 16 - Profundidade obtida pelo RTK no reservatório de Capivari-Cachoeira no ano de 2012. FONTE: Hilgert (2014).

Foi empregado o ecobatímetro da marca *Kongsberg*, Modelo EA400, dupla frequência (38 KHz e 200 KHz). Para determinação da profundidade foi utilizada frequência de 200 KHz com um ângulo de abertura de 7°, e para a coleta de dados sedimentológicos foi empregada a frequência de 38 KHz com ângulo de abertura de 13° (longitudinal) e 21°(transversal).

Conforme exposto na seção 2.3.5.5, o sistema RTK é composto de uma estação de referência, uma estação móvel e um sistema de comunicação. A estação de referência foi instalada nas imediações da barragem. Para os dias 30 de novembro a 01 de dezembro de 2012 foi instalada no marco MSC04 (Figura 10) e para os demais dias de levantamento batimétrico ela foi instalada no marco MC01 (Figura 11). Esta mudança ocorreu buscando-se um maior alcance na transmissão das correções diferenciais devido às obstruções existentes na área.

A estação móvel consistia na embarcação empregada e o sistema de comunicação era formado por um par de rádios *Pacific Crest*, operando com uma potência de 25 KHz e 2 KHz, na faixa de UHF, os quais permitem receber ou transmitir mensagens. Através de conectores adequados, podem ser ligados a alimentação (bateria de 12V) e a antena. Esses equipamentos trabalham com uma velocidade de 4.800 bps e são conectados aos receptores GNSS por meio de cabo. Na Figura 17 observa-se que essas correções diferenciais estão sendo enviadas da estação de referência para a estação móvel por meio do rádio transmissor, instalado no marco MSC04.



Figura 17 - GPS Diferencial associado ao rádio para levantamento batimétrico através do método RTK instalados no marco MSC04.
FONTE: Krueger (2012).

Na lateral da embarcação foi instalado o ecobatímetro EA400 configurado com uma frequência de 200KHz e uma taxa de gravação de 15 a 20 pontos por segundo, ou seja, uma resolução de 18 a 36 pontos por metro navegado. A antena GPS foi instalada na linha vertical do ecobatímetro, para evitar erros de *offset*, a uma altura de 2 metros da superfície da embarcação, onde sua velocidade se manteve entre 1,2 e 1,8 m/s.

As mensagens NMEA-0183 (seção 2.3.6) armazenadas pelo programa hidrográfico empregado (EA400) e o *shape* do contorno do reservatório, o qual foi extraído de uma imagem de satélite, foram fornecidas pelo Programa de Pós-Graduação do *Karlsruhe Institute of Technology* (KIT).

A trajetória da embarcação pode ser visualizada na Figura 18, e foi gerada a partir das posições registradas nas mensagens NMEA-0183. Observando-se ainda as posições dos marcos MC01 e MSC04 na área de estudo.

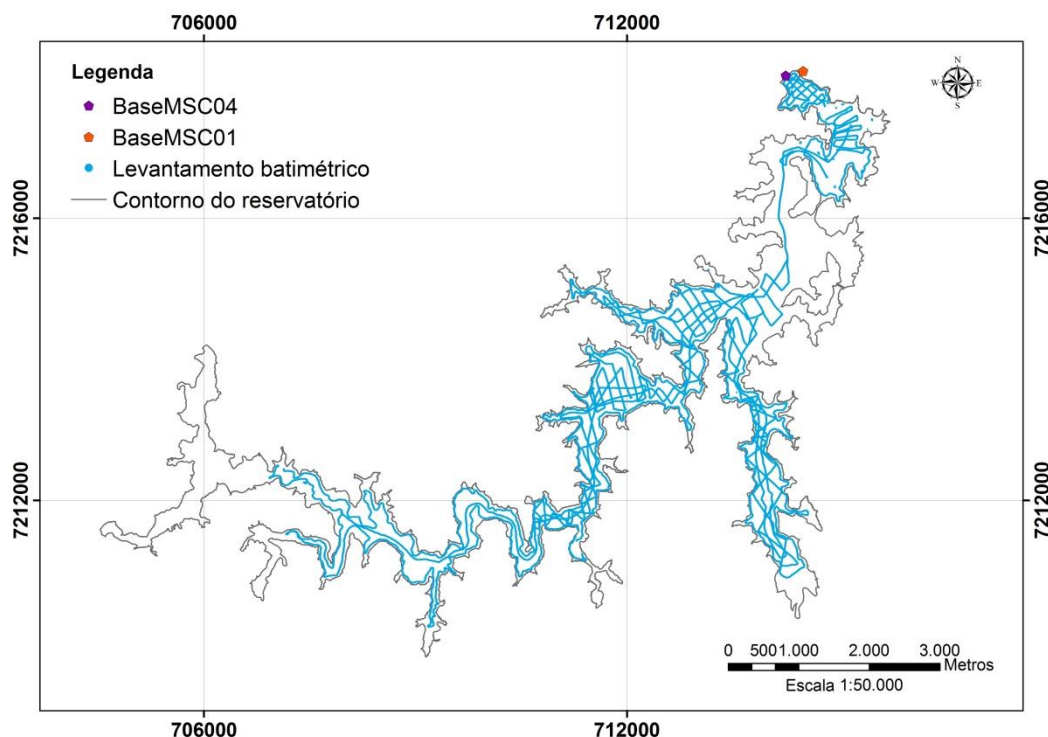


Figura 18– Trajetória do levantamento batimétrico realizado no Reservatório de Capivari-Cachoeira.
FONTE: A autora (2015).

4.2.1. Posicionamento da embarcação

Conforme exposto na seção 4.2 este posicionamento ocorreu em tempo real com o emprego do método RTK (Figura 18). Contudo, os dados brutos enviados pelos satélites da constelação GPS também foram armazenados na memória dos receptores da estação de referência e na estação móvel durante alguns dias dos levantamentos batimétricos. Estes dados foram gravados a cada 1 segundo.

Foi necessária a transformação do arquivo NMEA-0183 para o formato TXT através de um *software* específico de hidrografia, pois as informações haviam sido exportadas em um formato específico. Posteriormente, devido à superabundância de coordenadas para um mesmo ponto, antes de qualquer análise foi realizada uma programação para que os dados fossem filtrados, para que assim existisse apenas uma informação de cada variável correspondente para cada ponto (APÊNDICE 3).

Visando uma análise da precisão e acurácia dos métodos de posicionamento planimétrico empregados na embarcação (RTK, MPRC e PPP) foram selecionados os dados coletados no dia 01 de dezembro de 2012. Na Figura 19 visualiza-se a trajetória descrita pela embarcação neste dia, a localização da

estação base MSC04 para o posicionamento relativo cinemático e o contorno do reservatório.

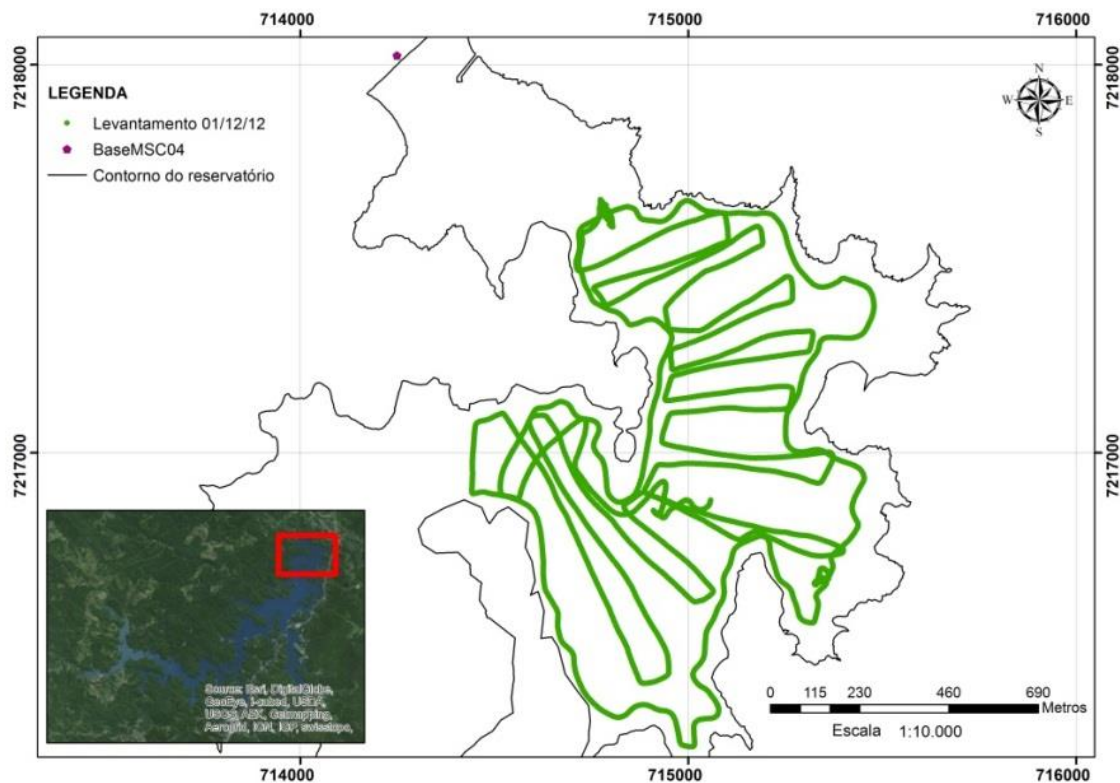


Figura 19 - Levantamento batimétrico realizado em 01/12/2012.

FONTE: A autora (2015), com base de dados de Hilgert (2012) e ESRI (2015).

Como foi citado anteriormente pretende-se uma análise da precisão e acurácia dos métodos de posicionamento planimétrico empregados na embarcação (RTK, MPRC e PPP). Desta forma foi necessário efetuar uma nova seleção da trajetória da embarcação obtida pelo RTK, empregando as informações contidas na mensagem NMEA-0183 para o levantamento do dia 01/12/12 (Figura 19). Estas informações devem representar praticamente a mesma trajetória da embarcação obtida a partir do processamento dos dados coletados pelo método relativo cinemático. Percebe-se que não há um perfeito sincronismo entre as informações, contudo a defasagem de tempo é muito pequena, não sendo significativa na análise em questão. Vale ressaltar que a trajetória obtida pelo MPRC é tomada como referência para a análise da acurácia do método RTK e do PPP. Na Figura 20 observa-se a trajetória selecionada da mensagem NMEA-0183 (método RTK) que irá proporcionar a comparação entre os métodos (MPRC e PPP).

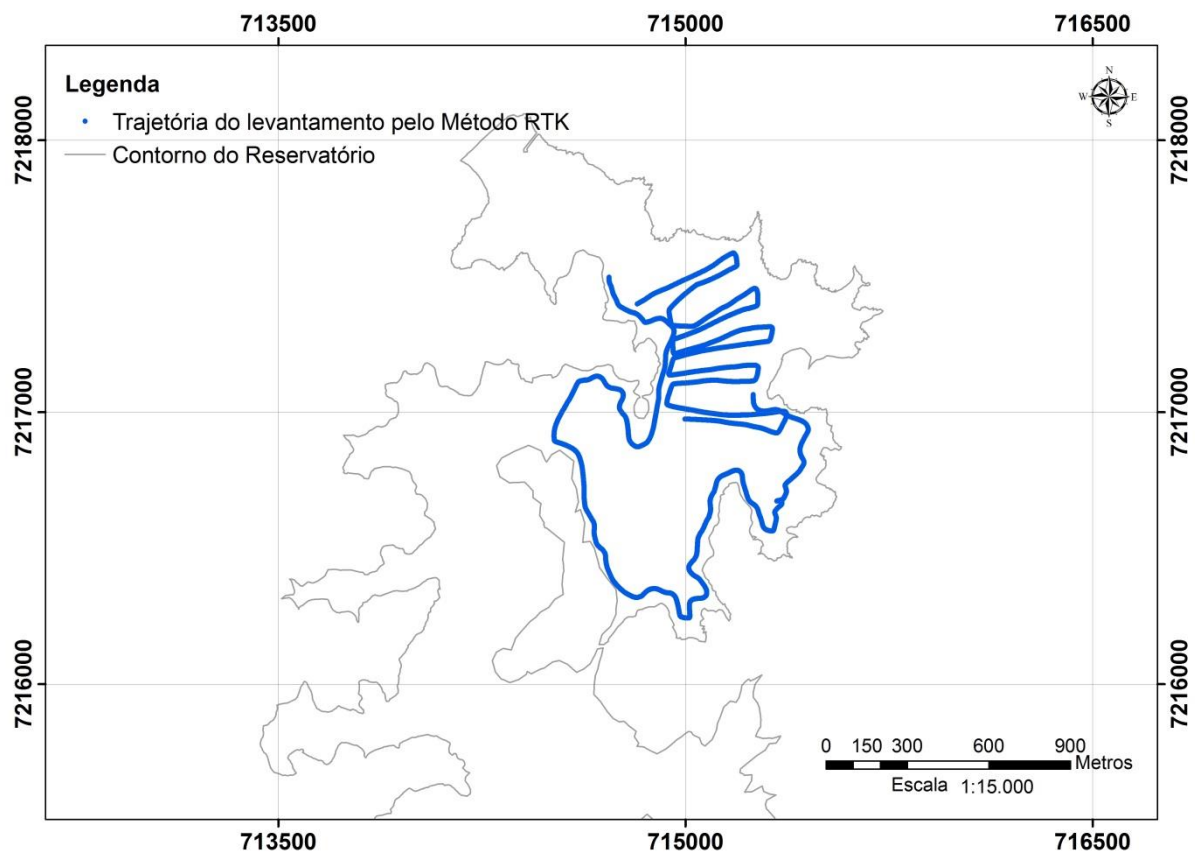


Figura 20 – Trajetória do levantamento batimétrico armazenada na mensagem NMEA-0183 pelo método RTK referente ao dia 01/12/12.
FONTE: A autora (2015).

4.2.2. Processamento do método de posicionamento relativo cinemático

Neste método de posicionamento a estação base empregada foi o marco MSC04 e a estação móvel consistiu na trajetória descrita pela embarcação. Os dados brutos foram convertidos em arquivo RINEX e processados através do *software Leica Geo Office Combined* (LGO) (APÊNDICE 2). Empregou-se uma máscara de elevação de 15 graus, efemérides transmitidas, intervalo de gravação de 1s e feitas às devidas correções do *offset* da antena em relação ao ecobatímetro. A trajetória resultante dessa amostra se apresentou contínua, ou seja, sem perdas de ciclo, totalizando 4 h 44 min 06 seg (cerca de 17.000 vetores) e com a observação de 15 satélites durante este intervalo de tempo (Figura 21). No relatório de processamento 100% das ambiguidades foram fixadas e contou-se com observações GPS e GLONASS.

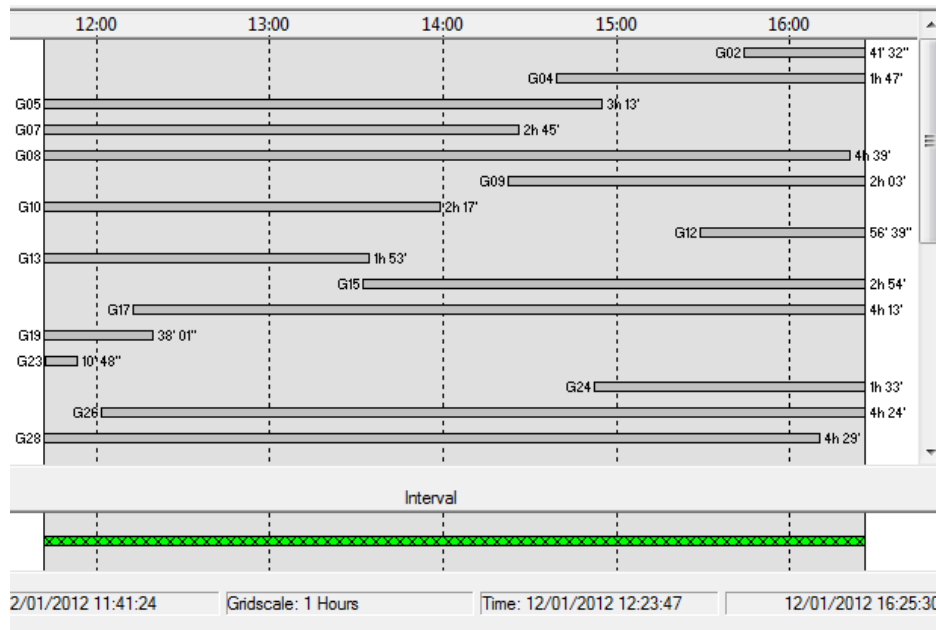


Figura 21 – Satélites observados durante o levantamento batimétrico no Reservatório de Capivari-Cachoeira.

FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

4.2.3. Processamento pelo Posicionamento por Ponto Preciso

Foi enviado para o serviço online do IBGE-PPP o arquivo com os dados do levantamento, com intervalo de gravação a cada segundo, em formato RINEX. Após o processamento do IBGE foi disponibilizado um arquivo em KML, que pode ser aberto no Google Earth (Figura 22) e um novo arquivo em formato POS (Figura 23) com informações como: o sistema de referência das coordenadas (fornecem somente resultados em SIRGAS2000); identificador do marco; época da observação; número de satélites (NSV); precisão da observação em função da geometria dos satélites (quanto menor o valor do GDOP melhor é a precisão); desvio padrão das observações de código (SDC) e fase (SDP); diferença (em metros) entre a coordenada da época inicial e a coordenada da época observada para a componente latitude (DLAT), longitude (DLON) e altitude (DHGT); erro do relógio (CLK) do receptor (em nano segundos); correção do atraso troposférico no zênite (em metros); desvio padrão (em metros) da latitude (SLAT), longitude (SLON) e altitude; desvio padrão do erro do relógio do receptor (SCLK); desvio padrão do atraso troposférico no zênite; latitude (grau, minuto, segundo); longitude (grau, minuto, segundo); altitude elipsoidal em metros (IBGE, 2013).

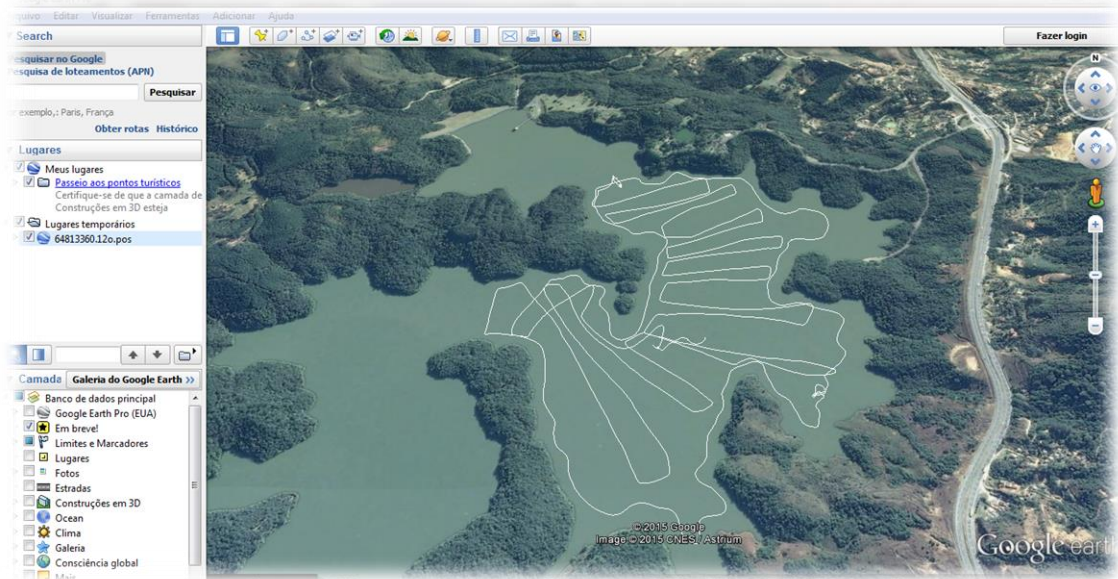


Figura 22 – Arquivo KML gerado pelo serviço online do IBGE-PPP.
FONTE: Google Earth, com dados de IBGE-PPP (2015).

GPS Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE-PPP ver. 1.05/34613/2013-12-12)
Inst. Bras. de Geografia e Estatística/Coordenação de Geodésia - IBGE/CGED
Av. Brasil 15671, Rio de Janeiro - RJ, Brasil
Fone: 0800-7218181 - Email: ibge@ibge.gov.br
Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CORS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

DTR	FRAME	STN	DOY	YEAR-MM-DD	HR:MM:SS.SSS	NSV	GOOP	SDC	SDP	DLAT(m)	DLON(m)	DHGT(m)	CLK(ns)	TZD(m)	SLAT(m)	SLON(m)
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6122685	2012-12-01	14:41:40.000	10	3.7	0.41	0.0000	0.172	-0.317	-6.861	-1.176	2.2401	6.734
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6122801	2012-12-01	14:41:41.000	10	3.7	0.43	0.0009	0.212	-0.296	-7.096	-5.707	2.2416	5.021
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6122917	2012-12-01	14:41:42.000	10	3.7	0.42	0.0020	0.205	-0.266	-7.192	-9.085	2.2419	4.183
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123032	2012-12-01	14:41:43.000	10	3.7	0.42	0.0012	0.191	-0.222	-7.169	-11.894	2.2423	3.660
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123148	2012-12-01	14:41:44.000	10	3.7	0.41	0.0017	0.166	-0.182	-7.174	-14.867	2.2427	3.294
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123264	2012-12-01	14:41:45.000	10	3.7	0.39	0.0021	0.144	-0.152	-7.207	-18.068	2.2430	3.018
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123380	2012-12-01	14:41:46.000	10	3.7	0.39	0.0020	0.134	-0.117	-7.238	-21.298	2.2435	2.801
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123495	2012-12-01	14:41:47.000	10	3.7	0.41	0.0020	0.111	-0.082	-7.284	-24.598	2.2439	2.624
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123611	2012-12-01	14:41:48.000	10	3.7	0.39	0.0015	0.087	-0.059	-7.343	-27.883	2.2441	2.476
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123727	2012-12-01	14:41:49.000	10	3.7	0.40	0.0022	0.072	-0.045	-7.418	-30.921	2.2446	2.350
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123843	2012-12-01	14:41:50.000	11	3.5	1.00	0.0018	-0.023	-0.094	-6.666	-31.620	2.2504	2.232
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6123958	2012-12-01	14:41:51.000	11	3.5	0.44	0.0021	-0.048	-0.069	-6.790	-34.472	2.2500	2.135
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124074	2012-12-01	14:41:52.000	10	3.7	0.45	0.0019	-0.079	-0.049	-6.844	-36.878	2.2503	2.050
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124190	2012-12-01	14:41:53.000	11	3.5	0.42	0.0027	-0.084	-0.006	-7.195	-39.737	2.2476	1.969
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124306	2012-12-01	14:41:54.000	11	3.5	0.40	0.0040	-0.103	-0.004	-7.208	-41.534	2.2483	1.899
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124421	2012-12-01	14:41:55.000	11	3.5	0.51	0.0026	-0.134	-0.004	-7.160	-43.034	2.2500	1.834
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124537	2012-12-01	14:41:56.000	11	3.5	0.49	0.0027	-0.146	-0.004	-7.145	-44.390	2.2520	1.775
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124653	2012-12-01	14:41:57.000	11	3.5	0.49	0.0039	-0.150	-0.003	-7.150	-45.599	2.2544	1.721
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124769	2012-12-01	14:41:58.000	10	3.7	0.44	0.0053	-0.150	0.009	-7.229	-46.783	2.2560	1.671
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6124884	2012-12-01	14:41:59.000	11	3.5	0.49	0.0042	-0.171	-0.019	-7.208	-47.502	2.2591	1.623
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125000	2012-12-01	14:42:00.000	11	3.5	0.46	0.0031	-0.169	-0.047	-7.245	-48.131	2.2606	1.578
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125116	2012-12-01	14:42:01.000	11	3.5	0.46	0.0029	-0.186	-0.064	-7.232	-48.458	2.2617	1.537
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125231	2012-12-01	14:42:02.000	11	3.5	0.45	0.0032	-0.194	-0.077	-7.187	-48.615	2.2622	1.500
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125347	2012-12-01	14:42:03.000	11	3.5	0.46	0.0040	-0.208	-0.080	-7.111	-48.620	2.2616	1.464
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125463	2012-12-01	14:42:04.000	11	3.5	0.47	0.0047	-0.219	-0.072	-7.027	-48.621	2.2616	1.431
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125579	2012-12-01	14:42:05.000	11	3.5	0.48	0.0044	-0.216	-0.076	-6.955	-48.603	2.2622	1.399
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125694	2012-12-01	14:42:06.000	11	3.5	0.46	0.0043	-0.209	-0.085	-6.901	-48.662	2.2632	1.369
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125810	2012-12-01	14:42:07.000	11	3.5	0.47	0.0053	-0.215	-0.097	-6.837	-48.695	2.2638	1.341
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6125926	2012-12-01	14:42:08.000	11	3.5	0.47	0.0055	-0.211	-0.115	-6.781	-48.742	2.2648	1.314
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6126042	2012-12-01	14:42:09.000	11	3.5	0.45	0.0064	-0.207	-0.132	-6.733	-49.858	2.2656	1.288
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6126157	2012-12-01	14:42:10.000	11	3.5	0.45	0.0062	-0.187	-0.141	-6.699	-54.376	2.2668	1.263
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6126273	2012-12-01	14:42:11.000	11	3.5	0.46	0.0067	-0.165	-0.149	-6.697	-60.857	2.2695	1.240
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6126389	2012-12-01	14:42:12.000	11	3.5	0.47	0.0065	-0.142	-0.152	-6.703	-67.595	2.2728	1.217
FWD	SIRGAS2000	6481	336	6126505	2012-12-01	14:42:13.000	11	3.5	0.45	0.0077	-0.105	-0.158	-6.703	-73.623	2.2772	1.195

Figura 23 - Informações parciais do arquivo no formato POS obtidas através do serviço online IBGE-PPP.

FONTE: A autora (2015).

4.3. ANÁLISE DO POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO E DOS MARCOS

Aplicou-se o cálculo das diferenças das coordenadas, em UTM, obtidas pelo processamento IBGE-PPP subtraídas da coordenada processada através do software LGO, considerada como referência. Desta forma, foram determinados o ΔE e o ΔN de acordo com as equações (1) e (2).

$$\Delta E = E_{PPP} - E_{POS} \quad (1)$$

$$\Delta N = N_{PPP} - N_{POS} \quad (2)$$

Onde:

ΔE : Diferença entre as Coordenadas planimétricas Este (metros);

ΔN : Diferença entre as Coordenadas planimétricas Norte (metros);

E_{PPP}, N_{PPP} : Coordenadas planimétricas Este e Norte, respectivamente, obtidas pelo PPP (metros); e

E_{POS}, N_{POS} : Coordenadas planimétricas Este e Norte, respectivamente, determinadas com o processamento dos dados (metros);

Posteriormente foi calculado o Erro Planimétrico (e_{PLAN}) em metros, equação (3).

$$e_{PLAN} = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} \quad (3)$$

Mediante a aplicação dessas equações procede-se a análise planimétrica do posicionamento dos marcos e da embarcação.

4.4. INTERPOLAÇÃO

Com o intuito de verificar a distribuição espacial das variáveis obtidas na mensagem NMEA-0183, testaram-se diferentes métodos de interpolação como *Kriging*, *Natural Neighbor*, *Spline* e *IDW*, disponibilizados no *software* ArcGIS® 10.1, para malha de pontos ao longo do reservatório (Figura 18). Porém o interpolador que melhor representou as características do reservatório foi o *IDW*. Pois devido à heterogeneidade na dispersão entre os pontos, os outros métodos generalizaram as informações, representando de forma inadequada à realidade dessas variáveis ao longo do reservatório.

Apesar de ser possível utilizar a ferramenta TIN (*Triangulated Irregular Network*), a qual faz a estimativa das altitudes pelo método da triangulação, optou-se por usar o mesmo método de interpolação, e gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) para os dados de altitude elipsoidal. Pois o TIN estima valores para as áreas

do continente, diferentemente do método IDW, em que é possível selecionar o polígono do contorno do reservatório como barreira, e assim evitar interpolações em locais em que não há a presença de água.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com os levantamentos estáticos (seção 2.3.5.3) e cinemáticos (seção 2.3.5.4) através do processamento de dados no software *Leica Geo Office Combined* (LGO), bem como, com aqueles advindos do serviço online IBGE-PPP. O posicionamento da embarcação pelo método RTK durante os levantamentos batimétricos, assim como os parâmetros definidores da qualidade deste posicionamento, são também mostrados nesta seção juntamente com as discussões referentes aos resultados obtidos.

5.1. LEVANTAMENTOS ESTÁTICOS

Conforme indicado na seção 4.1.2, os dados foram processados no *software* LGO. Na Tabela 5, observam-se as coordenadas geodésicas e os desvios padrão para os marcos MC01 e MSC04, em SIRGAS2000.4.

Tabela 5 – COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO MPRE EM SIRGAS2000.4.

MARCO	LATITUDE DESVIO (m)	LONGITUDE DESVIO (m)	ALTITUDE (m) DESVIO (m)
MC01	25° 08' 16,48681" S 0,0001	48° 52' 20,24799" W 0,0002	804,5496 0,0005
MSC04	25° 08' 18,71794" S 0,0003	48° 52' 29,08748" W 0,0003	791,551 0,0009

FONTE: A autora (2015).

Analisando os relatórios de processamento dos marcos verificou-se que os valores de PDOP foram inferiores a 5, como representado pela linha azul na Figura 24 e Figura 25, estando de acordo com o recomendado pela literatura. O número médio de satélites rastreados foi de 13 da constelação GPS para o marco MSC04; e para o marco MC01 foram observados 8 e 7 satélites das constelações GPS e GLONASS, respectivamente. 100% das ambiguidades foram fixadas nos dois processamentos sem nenhuma perda de sinal detectada após o tratamento dos dados citados na seção 4.1.2. A qualidade do posicionamento planimétrico foi de 0,0002m e 0,0004m para os marcos MC01 e MSC04, respectivamente (ANEXO 1 e ANEXO 2).

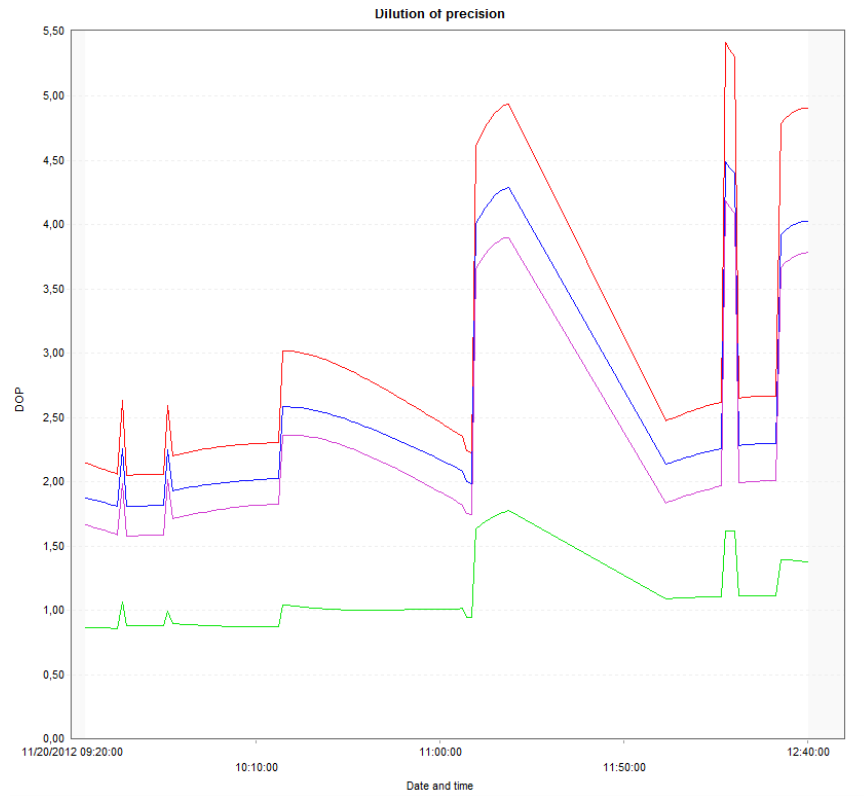


Figura 24 – Gráfico dos DOP's para o ponto MSC04. Os valores de GDOP, PDOP, HDOP e VDOP são representados pelas cores vermelho, azul, verde e roxo, respectivamente.
 FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

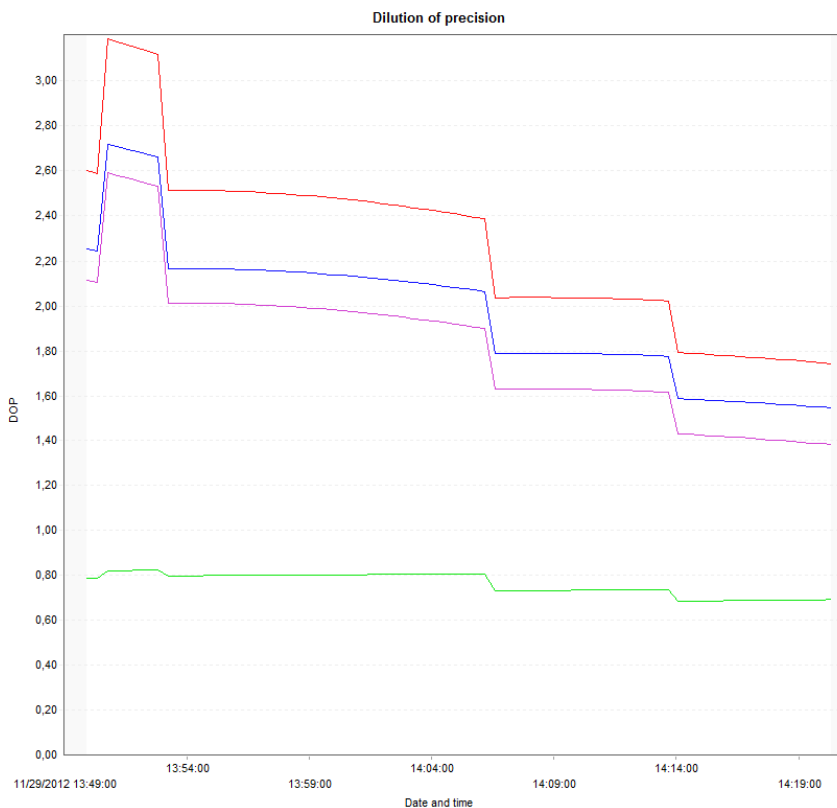


Figura 25 – Gráfico dos DOP's para o ponto MSC04. Os valores de GDOP, PDOP, HDOP e VDOP são representados pelas cores vermelho, azul, roxo e verde, respectivamente.
 FONTE: A autora, com interface de LGO (2015).

Conforme descrito na seção 4.1.3 os dados brutos coletados nesses mesmos pontos foram enviados para o IBGE-PPP, gerando novas coordenadas, sendo possível a visualização dos marcos na Figura 26. Na Tabela 6, observam-se as coordenadas geodésicas e os desvios padrão para os marcos MC01 e MSC04, em SIRGAS2000.4 obtidos pelo PPP através do serviço online do IBGE.

Tabela 6 – COORDENADAS DOS MARCOS MC01 E MSC04 PELO PPP EM SIRGAS2000.4.

MARCO	LATITUDE DESVIO (m)	LONGITUDE DESVIO (m)	ALTITUDE (m) DESVIO (m)
MC01	25° 08' 16,4861" S 0,011	48° 52' 20,2476" W 0,020	804,56 0,030
MSC04	25° 08' 18,7177" S 0,002	48° 52' 29,0892" W 0,004	791,67 0,007

FONTE: A autora (2015).

A partir dos valores de desvio padrão da Tabela 6 foram calculadas as qualidades do posicionamento planimétrico para os marcos MC01 e MSC04, sendo obtidos 0,0228m e 0,0045m, respectivamente (ANEXO 4 e ANEXO 5). De acordo com a precisão esperada para um levantamento estático planimétrico indicado no relatório do PPP, para duas frequências, os valores obtidos encontram-se dentro da precisão esperada (seção 2.3.5.2).



Figura 26 – Arquivo KML gerado pelo serviço online do IBGE-PPP para os pontos MSC04 e MC01.
FONTE: Google Earth, com dados de IBGE-PPP (2015).

Na Figura 27 são representadas as coordenadas Norte e Este obtidas pelo método absoluto (MA), pelo método relativo estático (MPRE) e pelo PPP. Percebe-se que a coordenada absoluta é a que está mais distante das demais (MPRE e PPP) principalmente no que se refere à coordenada Norte. Isso acontece devido ao fato da coordenada absoluta ser menos precisa que as demais, visto que é determinada instantaneamente, sem a minimização dos erros atuantes na medida da pseudodistância (correções do sincronismo do relógio dos satélites e do receptor, erros atmosféricos) (seção 2.3.3).

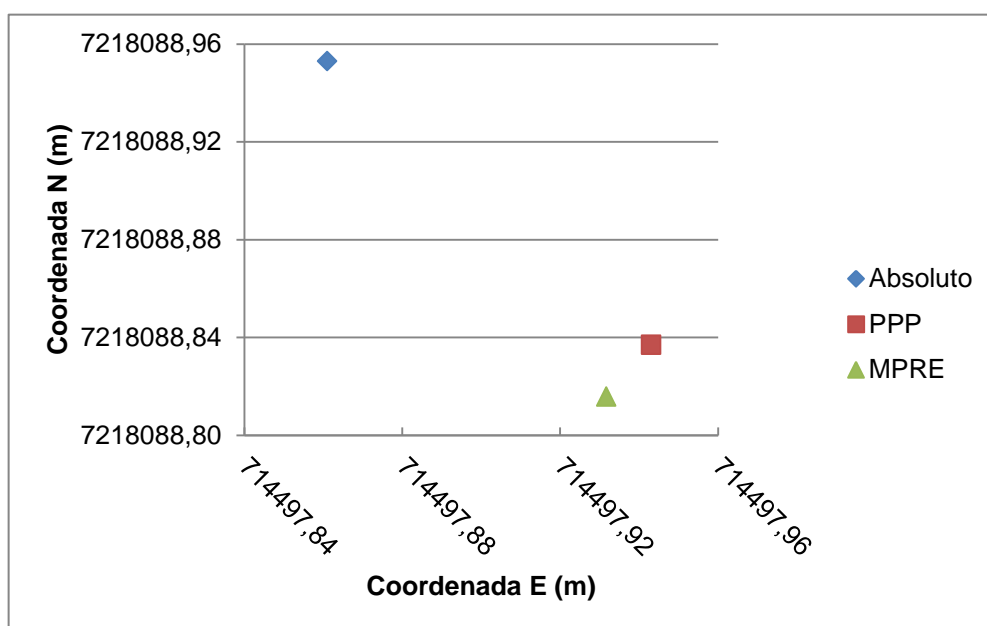


Figura 27 – Coordenadas Planimétricas Absoluta, obtidas com o processamento relativo estático e o PPP para o Marco MC01.
FONTE: A autora (2015).

Mediante as coordenadas geodésicas indicadas na Tabela 6 (MPRC) calculou-se a diferença planimétrica (seção 4.3), entre elas e aquelas indicadas na Tabela 5 (MA). Verifica-se que esta diferença entre o PPP e o MA foi de 0,14 m e entre o MPRE e MA foi de 0,15 m (Figura 28). A diferença entre as coordenadas do MPRE e PPP foi de 2 cm. Neste caso pode-se dizer que as diferenças existentes entre o MA e os demais (MPRC e PPP) está diretamente associada ao método de posicionamento empregado.

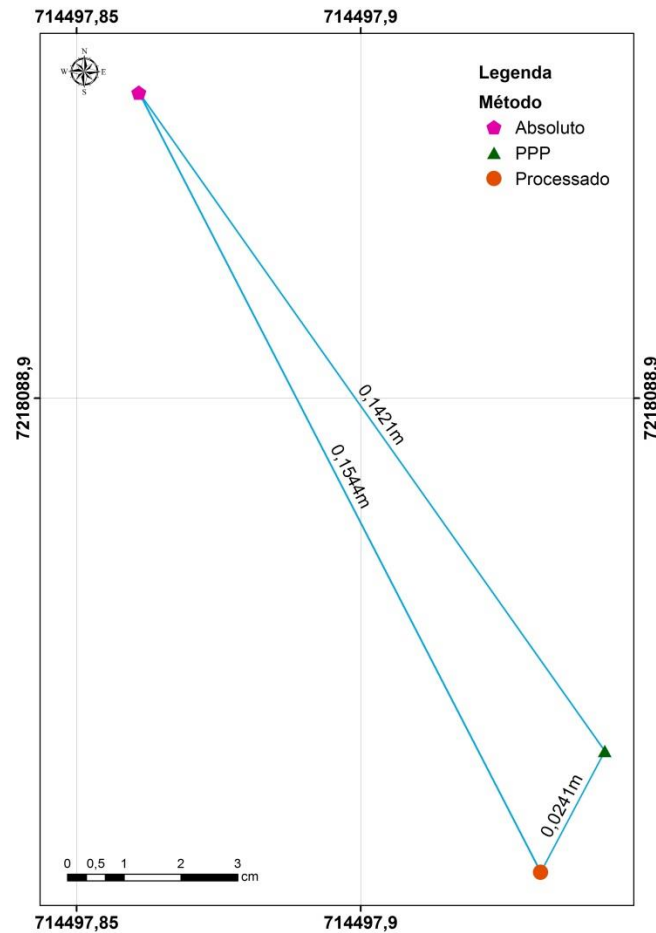


Figura 28 – Diferença planimétrica entre as coordenadas processadas, PPP e absoluto do Marco MC01.

FONTE: A autora (2015).

As coordenadas, Norte e Este, obtidas pelo método absoluto (MA), pelo método relativo estático (MPRE) e pelo PPP para o marco MSC04 estão indicadas na Figura 29. Nota-se, como no caso anterior, que a coordenada absoluta é a que está mais distante das demais (MPRE e PPP) principalmente quanto à coordenada Norte.

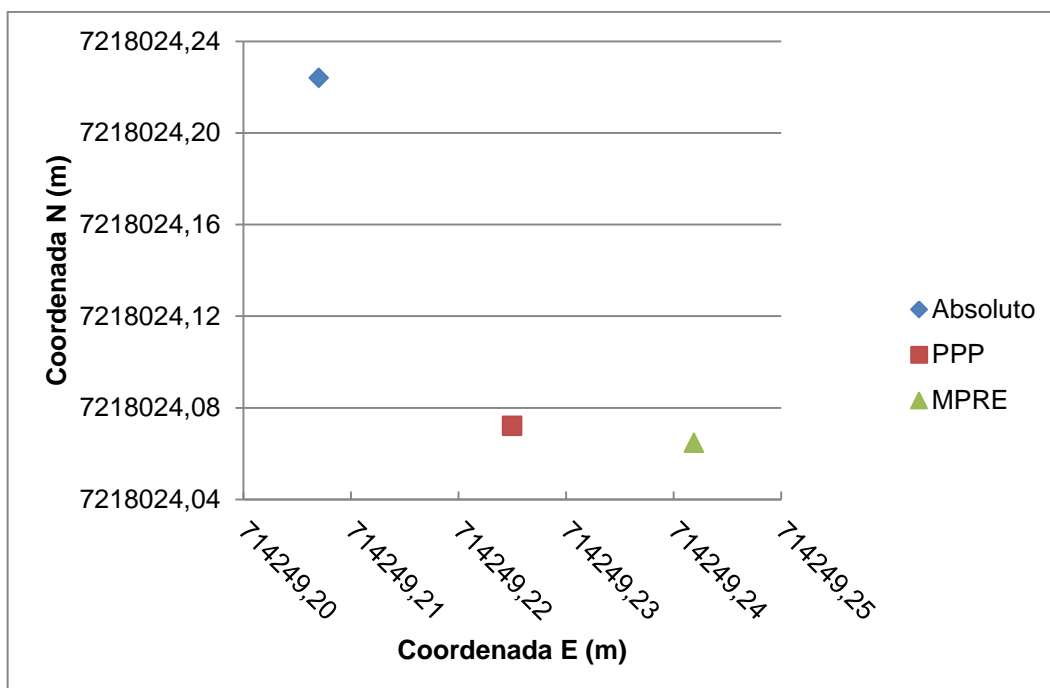


Figura 29- Coordenadas Planimétricas Absoluta, obtidas com o processamento relativo estático e o PPP para o Marco MSC04.
 FONTE: A autora (2015).

A diferença planimétrica (seção 4.3) entre as coordenadas geodésicas indicadas na Tabela 6 e aquelas indicadas na Tabela 5 foi calculada estando representada na Figura 30, obtendo-se uma diferença entre o PPP e MPRE de 0,0184 metros para o marco MSC04. Verifica-se que entre as coordenadas obtidas com o PPP com MA, bem como, entre o MPRE e MA, foi de cerca de 0,16 m, respectivamente. Contudo para este marco a diferença planimétrica entre as coordenadas MPRE e PPP é da ordem centímetros, porém inferior àquela obtida para o marco MC01 quando se compara os mesmos métodos.

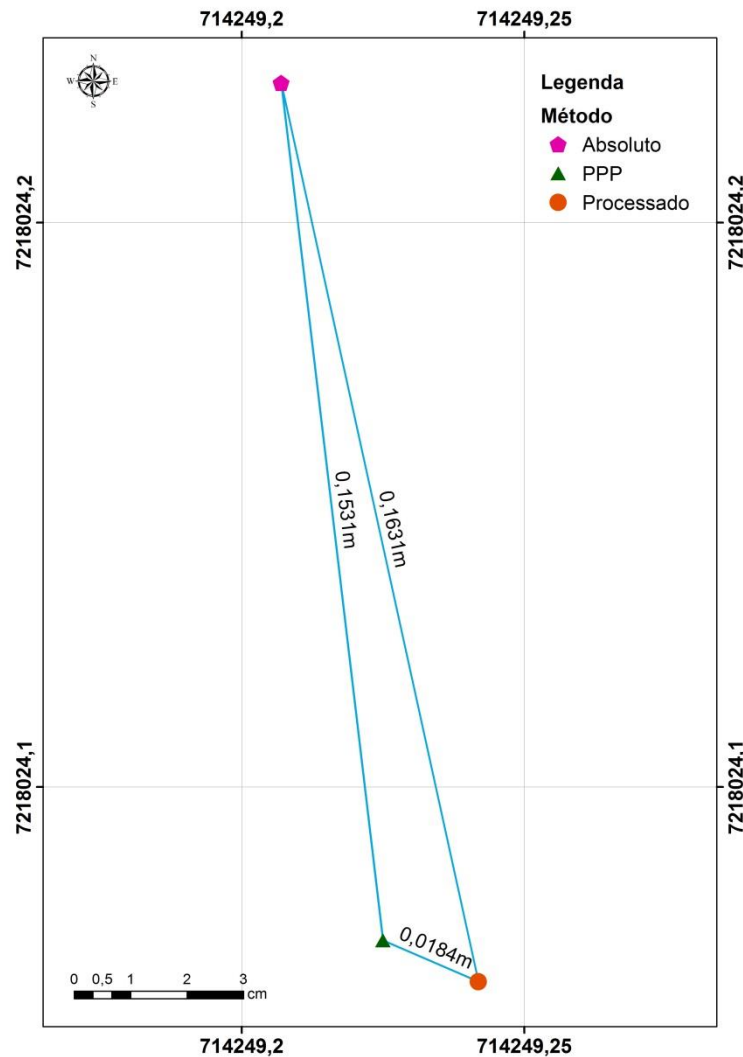


Figura 30 - Diferença planimétrica entre as coordenadas processadas, PPP e absoluto do ponto MSC04.

FONTE: A autora (2015).

5.2. POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO RELATIVO CINEMÁTICO

Conforme descrito na seção 4.2.2 os dados gravados nas memórias dos receptores instalados nas estações de referência (marco MSC04) e móvel (embarcação), no dia 01 de dezembro de 2012, foram processados através do *software Leica Geo Office Combined*.

A trajetória descrita pela embarcação está indicada na Figura 31. As coordenadas planimétricas que compõem esta trajetória advém de uma solução de 100% dos inteiros das ambiguidades.

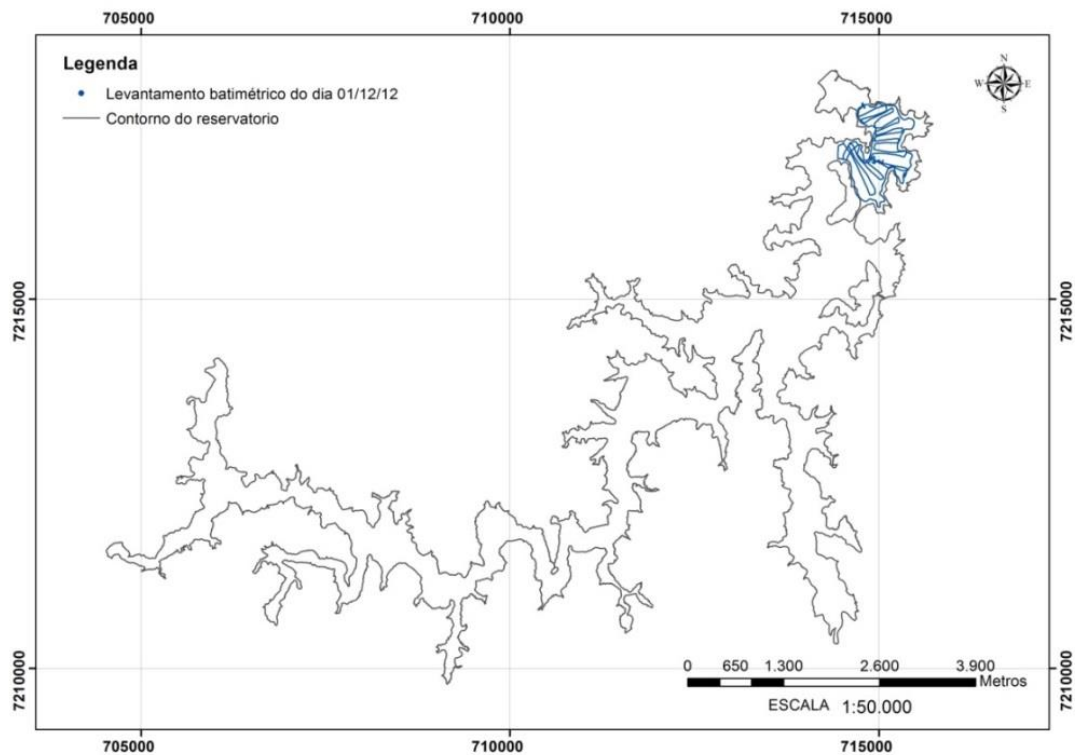


Figura 31 - Trajetória da embarcação pelo MPRC referente ao dia 01/12/12.
 FONTE: A autora (2015).

Em relação à qualidade planimétrica do posicionamento da embarcação por meio do método de Posicionamento Relativo Cinemático (Figura 32) os valores mínimo e máximo, foram de 0,0009 e 0,0201 metros, respectivamente. Na maioria dos pontos que compõem a trajetória processada no levantamento referente ao dia 01 de dezembro de 2012, esta qualidade ficou entre 0,0037 e 0,0061 metros.

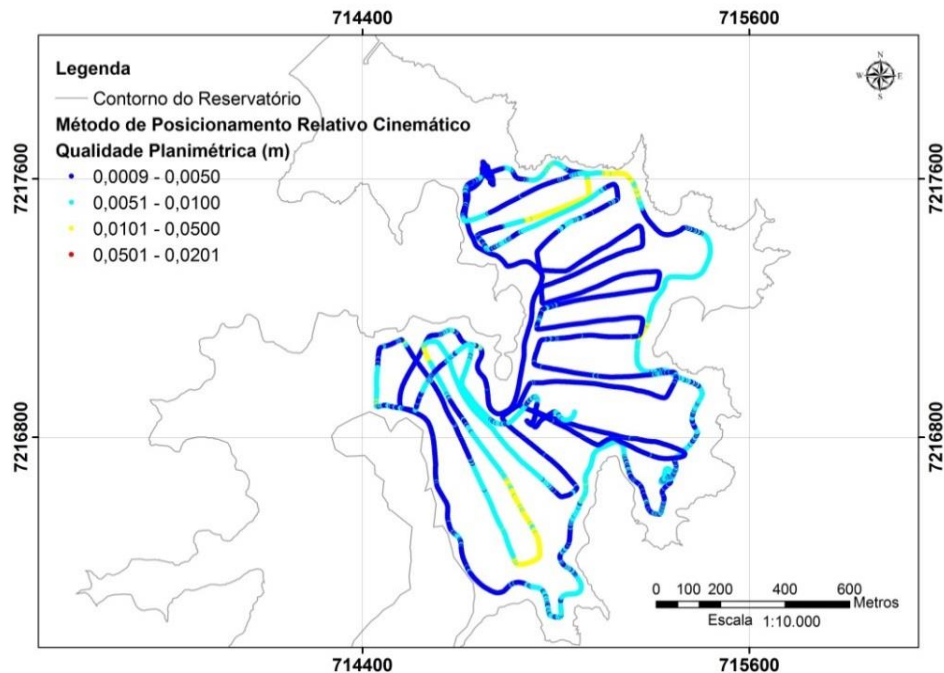


Figura 32 – Qualidade do posicionamento através do processamento dos dados levantados a partir do MPRC referente ao dia 01/12/12.
FONTE: Modificado pela autora (2015).

Na Figura 33 apresentam-se os desvios padrão obtidos para as coordenadas planimétricas. Verifica-se que estes valores encontram-se entre 0,0009 e 0,0201 metros, indicando a precisão relativa da trajetória descrita pela embarcação após o processamento. Constata-se que o resultado está dentro do esperado para este método de posicionamento, visto que o IBGE preconiza uma precisão de 1 a 10ppm. Sendo esta trajetória descrita, tomada como referência para comparação entre aquelas advindas do PPP e do RTK.

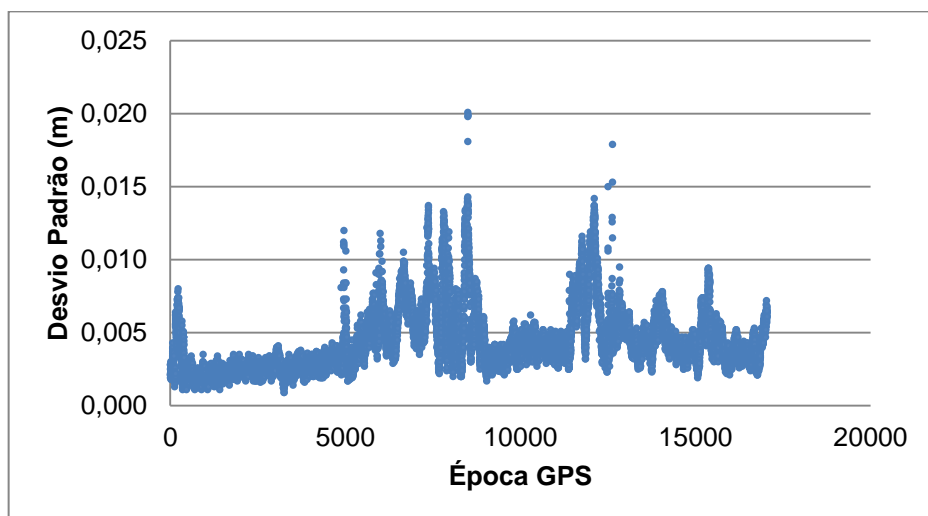


Figura 33 – Gráfico dos desvios padrão do posicionamento planimétrico da embarcação obtido com o pós-processamento (MPRC).
FONTE: A autora (2015).

5.3. POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO ATRAVÉS DO MÉTODO PPP

Na seção 4.2.3 indica-se que os dados coletados pela embarcação foram enviados no formato RINEX para o serviço IBGE-PPP. De posse dos resultados encaminhados por este serviço, observa-se na Figura 34 a trajetória descrita por esta em embarcação após o processamento dos dados.



Figura 34 – Trajetória da embarcação pelo PPP no Reservatório de Capivari-Cachoeira referente ao dia 01/12/12.

FONTE: Google Earth, com dados de IBGE-PPP (2015).

Na Figura 35 têm-se os desvios padrão para as coordenadas planimétricas calculadas pelo PPP. Verifica-se que esses desvios estão entre 0,62290 e 9,74498 metros. Os maiores valores ocorrem da época inicial de observação até a época 1.741. Sendo que as observações realizadas foram registradas a cada 1s este período equivale a aproximadamente 29 minutos.

O método do IBGE-PPP (seção 2.4.2) para realizar o ajustamento sequencial e convergir à solução necessita um tempo de aproximadamente 30 minutos, fazendo com que estas épocas iniciais, consequentemente, tenham como resultado desvios padrão mais elevados (Bisbath & Gao, 2008 *apud* KLEIN *et al.*, 2010). Este fato decorre de que a solução gerada usa a combinação livre dos efeitos de primeira ordem da ionosfera (*ionofree*) (IBGE, 2013).

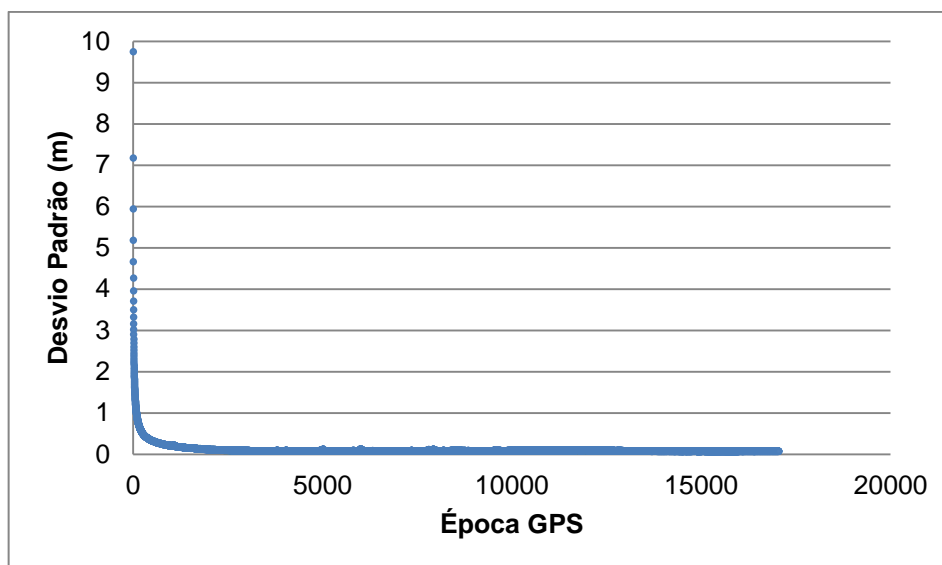


Figura 35 – Gráfico dos desvios padrão do posicionamento planimétrico da embarcação obtido por meio do PPP.

FONTE: A autora (2015).

Sendo assim, removendo os pontos referentes aos primeiros 30 minutos é possível verificar que o desvio padrão se encontra entre os valores mínimo e máximo de 0,06 metros e 0,13 metros, respectivamente (Figura 36). Neste caso a imprecisão da trajetória da embarcação seria inferior a 13 cm, sendo superior aquela obtida com o MPRC. Pelo exposto anteriormente quando o usuário desejar aplicar o PPP é conveniente que seja efetuada uma inicialização com a embarcação atracada ou docada de aproximadamente 30 minutos.

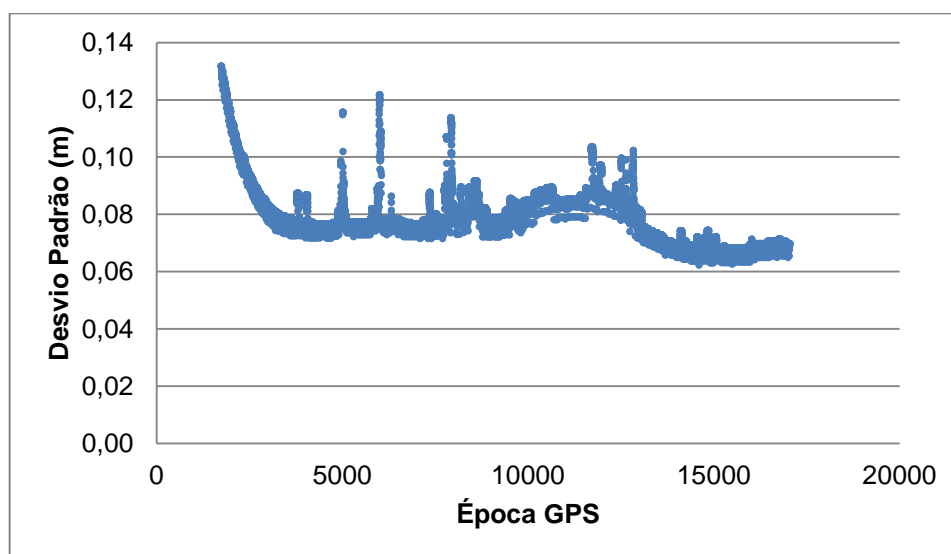


Figura 36 – Gráfico do desvio padrão do posicionamento planimétrico do PPP com a exclusão dos primeiros 30 minutos utilizados na convergência da solução.

FONTE: A autora (2015).

5.4. COMPARAÇÃO ENTRE OS POSICIONAMENTOS PELO MPRC E PPP

Na Figura 37 apresentam-se as trajetórias descritas pela embarcação obtidas pelos métodos MPRC e com o PPP, sobrepostas para o dia 01 de dezembro de 2012, indicando que a diferença entre o resultado gerado desses métodos não foi considerada significativa.

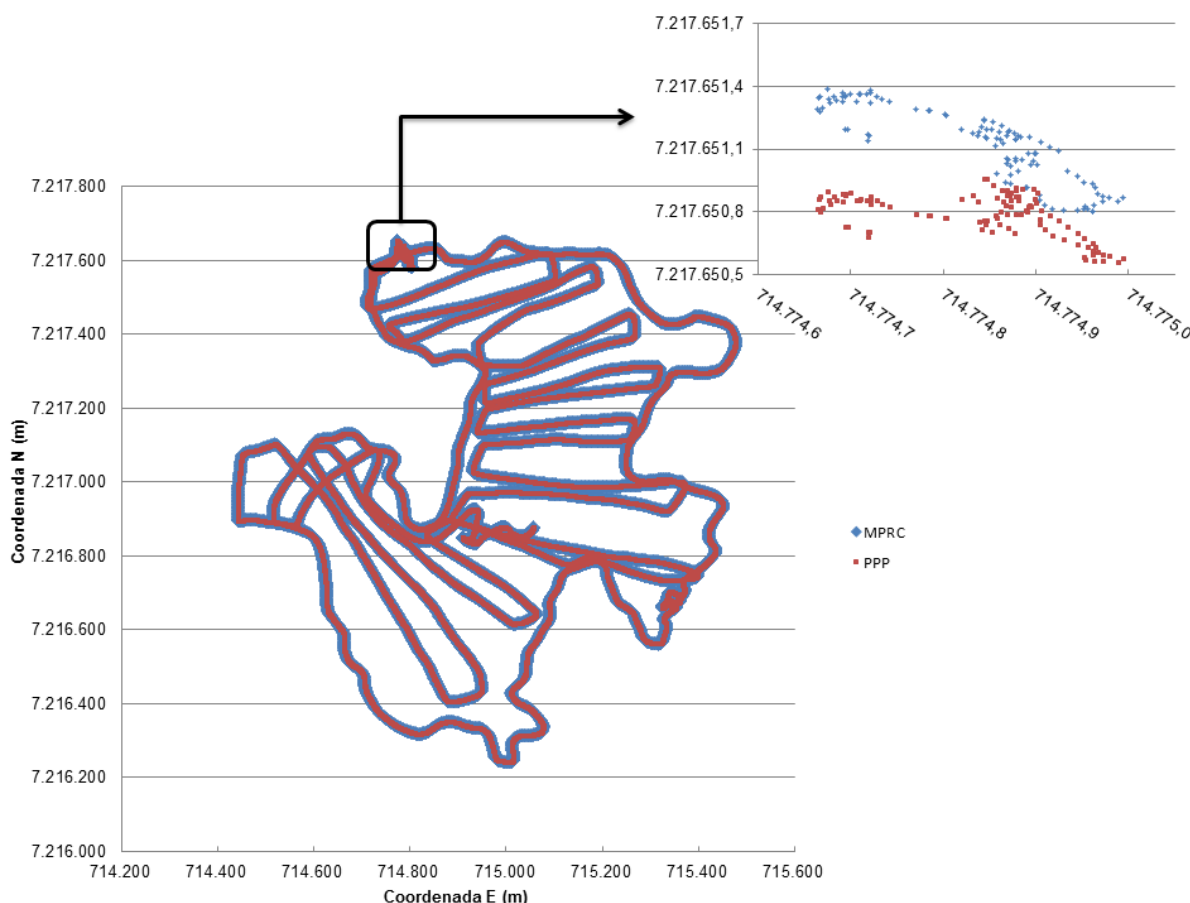


Figura 37 – Trajetórias descritas pela embarcação pelo MPRC e PPP no dia 01/12/2012. Coordenadas em UTM, Sistema de Referência SIRGAS2000.4. FONTE: A autora (2015).

É possível verificar, visualmente, que a trajetória obtida com o processamento IBGE-PPP foi eficaz comparando com o método de referência adotado (MPRC). A diferença planimétrica entre as coordenadas Norte e Este foram na ordem de centímetros, conforme ilustra a Figura 38. Para a coordenada Este a diferença encontra-se entre o intervalo mínimo e máximo de -0,375 e 0,1476 metros; e para a coordenada Norte entre o intervalo mínimo e máximo de 0,1081 e 0,5068 metros, respectivamente.

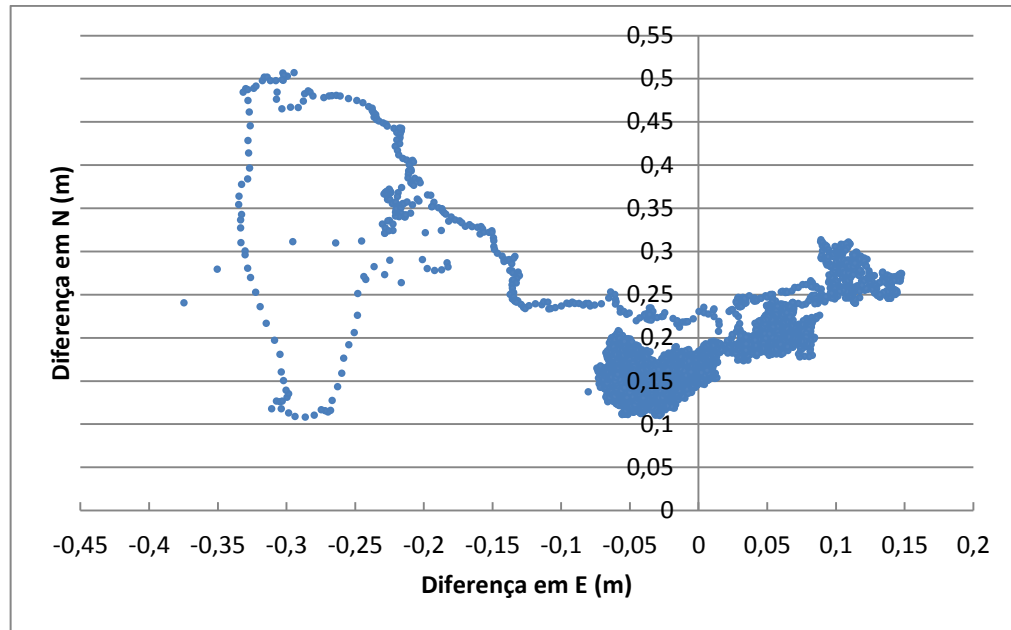


Figura 38 – Gráfico da diferença planimétrica entre a trajetória do MPRC e a trajetória do PPP.
 FONTE: A autora (2015).

Visando detalhar mais as análises e seguindo o exposto na seção 5.3, os 30 minutos iniciais são excluídos das trajetórias descritas e recalculando as diferenças planimétricas entre estas trajetórias verifica-se que elas se encontram entre 0,10984 e -0,08047 metros na direção E, e entre 0,043418 e 0,20839 metros na direção N (Figura 39). Desta forma, se respeitada à inicialização necessária para que o PPP gere uma solução após a convergência, pode-se dizer que a acurácia do método PPP deverá ser inferior a cerca de 25 cm, para este caso (Figura 39).

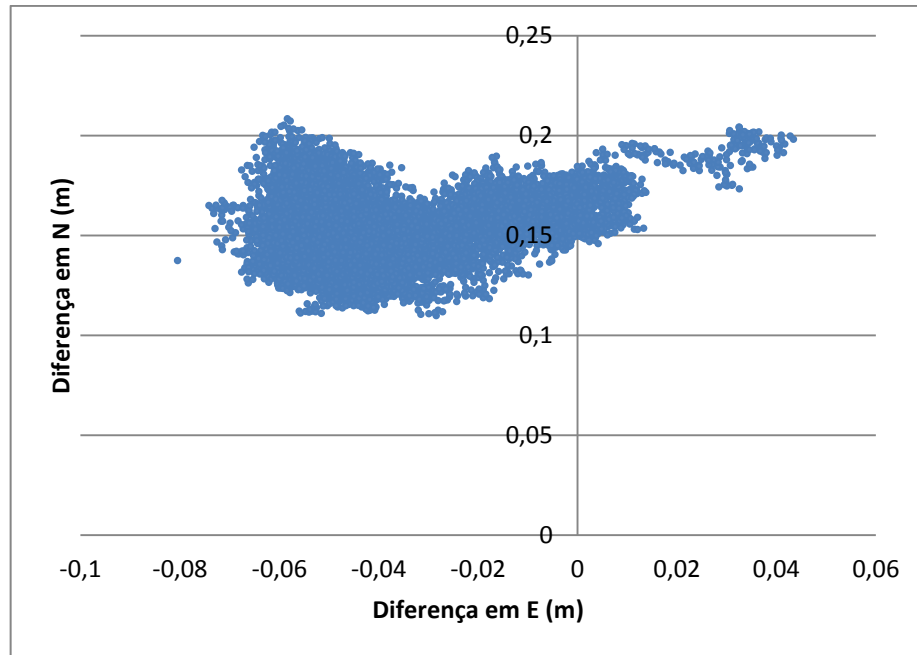


Figura 39 – Gráfico das diferenças planimétricas entre pós-processado (MPRC) e PPP com exclusão do tempo de convergência.
 FONTE: A autora (2015).

No cálculo das diferenças entre as coordenadas planimétricas obtidas com o pós-processamento (MPRC) e aquelas advindas do PPP (seção 2.4.2), os valores variaram entre 0,1134 e 0,5931 metros, com um valor médio de 0,1691 metros para um conjunto de um total de 17.047 épocas GPS (Figura 40). Este cálculo indica que a trajetória descrita pela embarcação pelo PPP tem acurácia inferior ao metro considerando-se todas as épocas de observação.

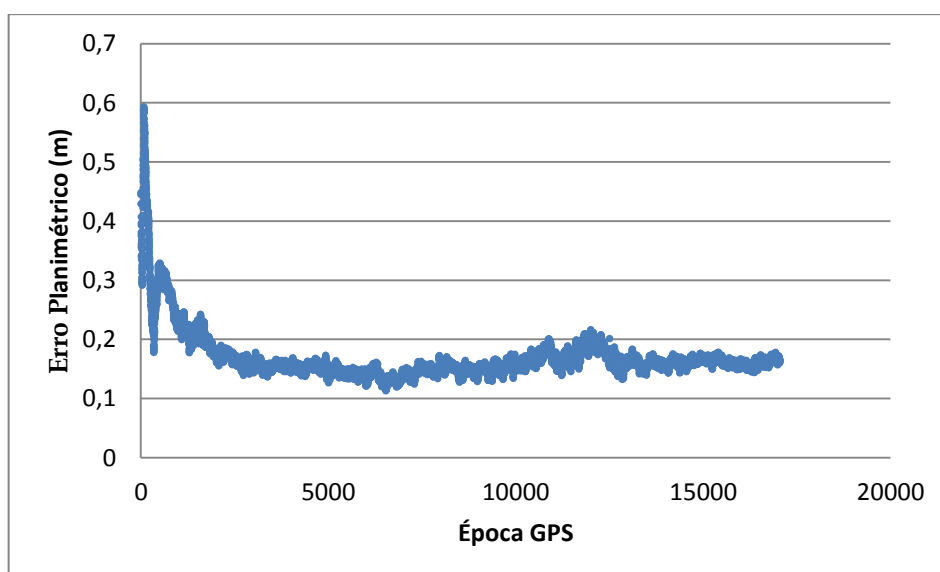


Figura 40 – Gráfico das diferenças planimétricas entre as coordenadas advindas do pós-processado (MPRC) e do PPP.
 FONTE: A autora (2015).

5.5. ANÁLISE DAS ALTITUDES ELIPSOIDAIS DA EMBARCAÇÃO

Apesar da análise das altitudes elipsoidais não ser foco do levantamento batimétrico, e da inviabilidade de realizar uma interpolação dos dados, optou-se por plotar as altitudes pontuais do processamento pelo MPRC (Figura 41) e do IBGE-PPP (Figura 42), em razão do baixo número amostral.

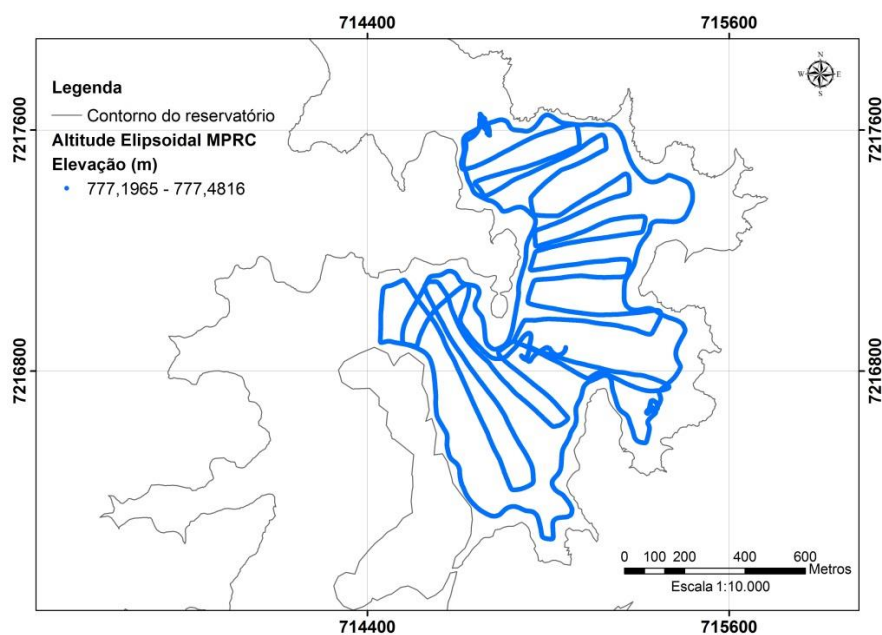


Figura 41 – Distribuição espacial das altitudes elipsoidais do processamento pelo MPRC para amostra do dia 01/12/12.
FONTE: A autora (2015).

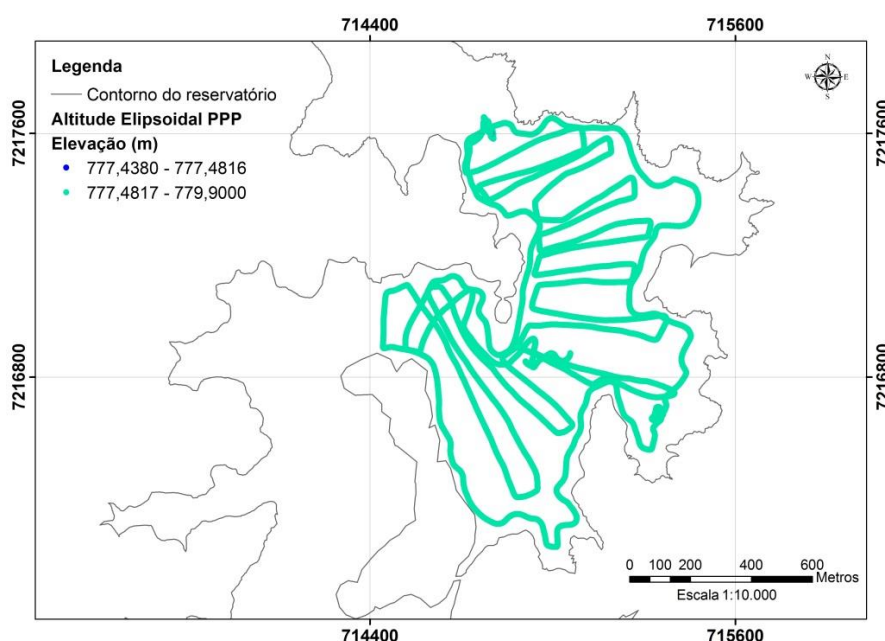


Figura 42– Distribuição espacial das altitudes elipsoidais do processamento pelo PPP para amostra do dia 01/12/12.
FONTE: A autora (2015).

Observa-se uma pequena variação das altitudes quando comparados os dois métodos de processamento, com variação mínima de 0,2415 metros e máxima de 2,4184 metros. No entanto, as altitudes de 777,4380m a 777,4816m encontram-se somente em 18 pontos localizados na porção mais ao norte da amostra. Devido ao pequeno número de amostral nesse intervalo esses pontos tornam-se imperceptíveis no mapa.

Os desvios padrão das altitudes elipsoidais obtidas do processamento pelo MPRC encontraram-se entre o intervalo de 0,0018m e 0,0428m, os quais são visualizados na Figura 43. Porém ao realizar o processamento pelo PPP, os valores variam entre 26,043 e 0,105 metros, como observado na Figura 44. Essa maior variação se deve ao tempo que o modelo necessita para convergir à solução.

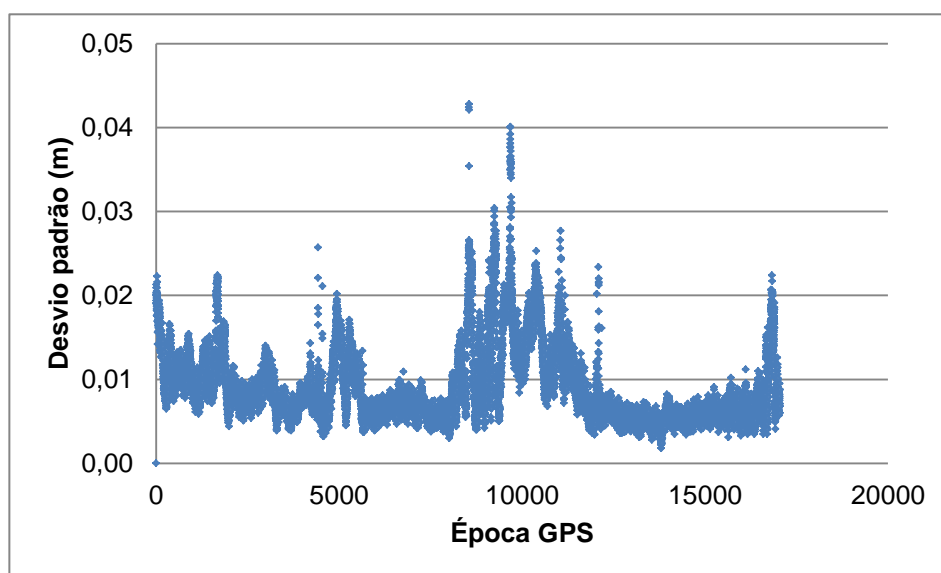


Figura 43 – Gráfico dos desvios padrão das altitudes elipsoidais obtidas com o pós-processamento (MPRC).

FONTE: A autora (2015).

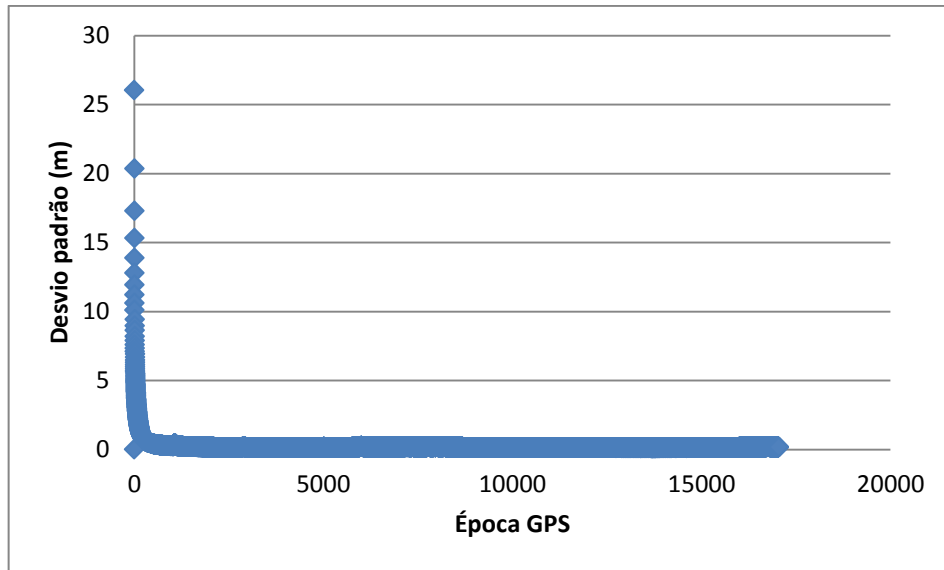


Figura 44 – Gráfico dos desvios padrão das altitudes elipsoidais obtidas com o pós-processamento do IBGE-PPP.

FONTE: A autora (2015).

Na Figura 45 apresentam-se as altitudes elipsoidais obtidas com o processamento dos dados coletados com o MPRC, pelo *software Leica Geo Office Combined* e aquelas advindas do serviço online IBGE-PPP. As maiores discrepâncias são encontradas nas épocas iniciais da observação. A diferença mínima entre as altitudes foi de aproximadamente 0,1172 metros; diferença máxima de 2,4997 e média de 0,2934 metros. As máximas diferenças ocorrem nas épocas iniciais de observação o que corrobora com a necessidade do método PPP precisar de aproximadamente 30 minutos para que a solução possa convergir.

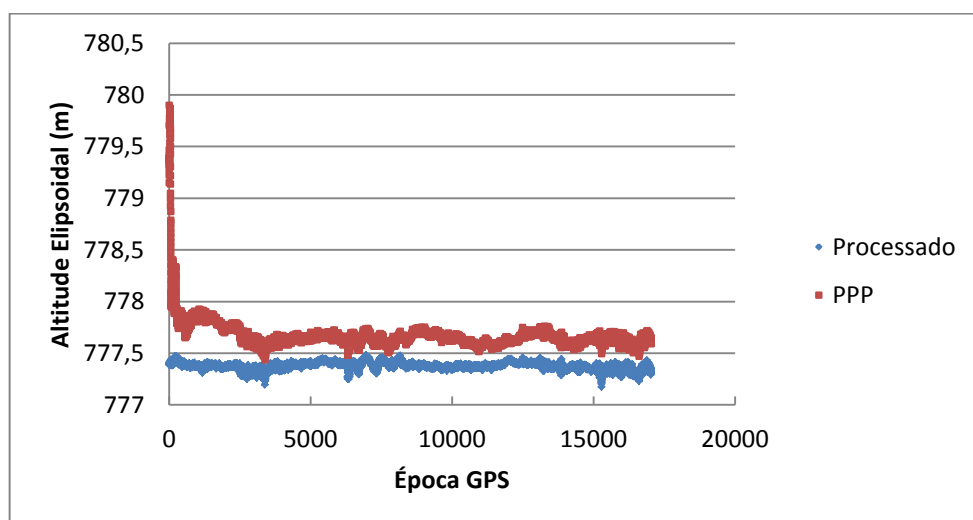


Figura 45 – Gráfico das altitudes elipsoidais obtidas com o processamento dos dados pelo MPRC e do PPP.

FONTE: A autora (2015).

5.6. POSICIONAMENTO DA EMBARCAÇÃO COM RTK

Na seção 4.2 descreve-se o levantamento batimétrico efetuado na área do reservatório tendo-se sido empregado o método de posicionamento RTK. Os dados gerados neste levantamento foram disponibilizados no formato NMEA-0183, com mensagens do tipo GGK (seção 2.3.6), conforme indicado no APÊNDICE 3.

Na Figura 46 tem-se a representação das resoluções das ambiguidades em tempo real durante o levantamento batimétrico. O valor de PDOP (seção 2.3.4) pode ser visualizado na Figura 47. O número de satélites observados está representado na Figura 48 e altitude elipsoidal calculada em tempo real esta indicada na Figura 49.

Na resolução das ambiguidades foram detectadas soluções do tipo flutuante em apenas um ponto do reservatório, localizado próximo à base MSC01, e no restante do levantamento batimétrico obteve-se solução do tipo absoluta, ou seja, esses pontos não receberam as correções diferenciais emitidas através do rádio conectado à estação de referência (Figura 46).

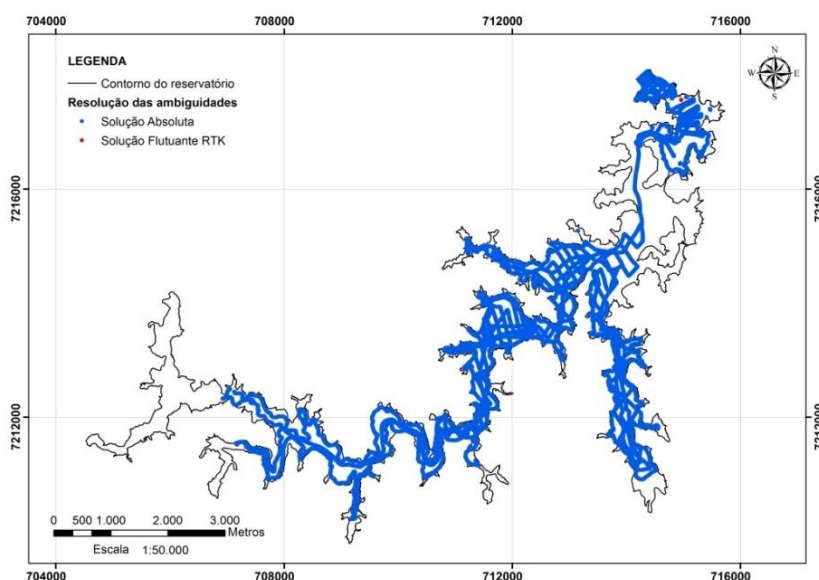


Figura 46 – Mapa da distribuição espacial da resolução das ambiguidades.
FONTE: A autora (2015).

Os valores superiores encontram-se próximos às margens do reservatório. Porém para todos os pontos o PDOD se manteve abaixo de 5 (Figura 47), onde de acordo com a literatura consultada (2.3.4) é o valor de transição entre uma boa e má qualidade do posicionamento.

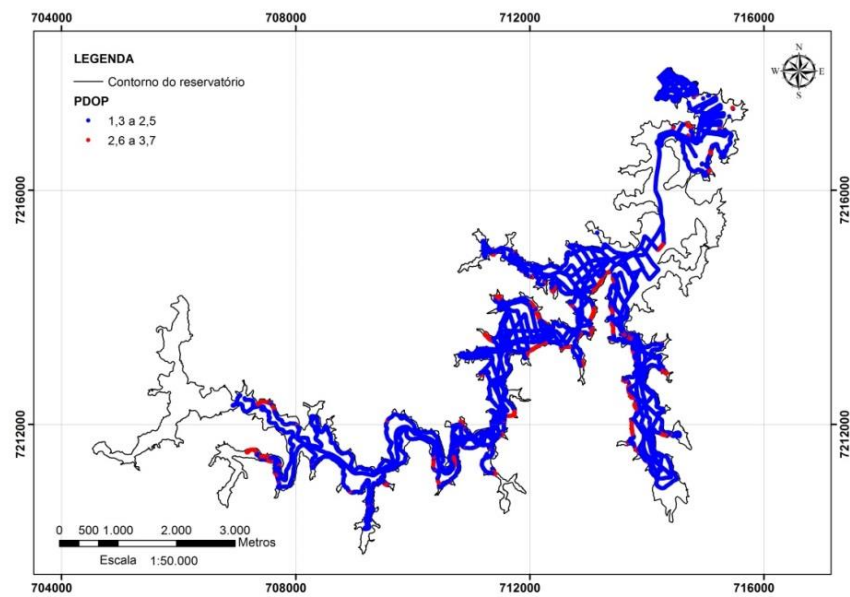


Figura 47 – Mapa da distribuição espacial do PDOP.
FONTE: A autora (2015).

O número de satélites observados foi superior ao mínimo necessário em todo o levantamento, variando entre 6 e 16 satélites. Onde na maioria dos pontos o número de satélites observados foram superiores a 11. Observando-se a Figura 48 constata-se, visualmente, que os pontos em que se conta com a presença de um menor número de satélites estão localizados nas margens do reservatório. Locais estes que sofrem a influência da vegetação que esta no entorno da trajetória descrita pela embarcação.

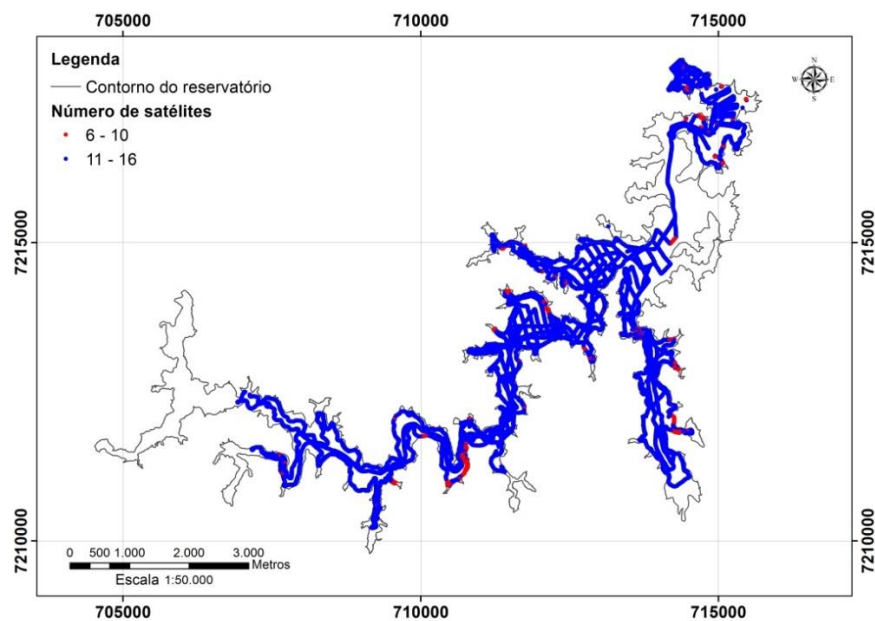


Figura 48 – Mapa da distribuição espacial do número de satélites.
FONTE: A autora (2015).

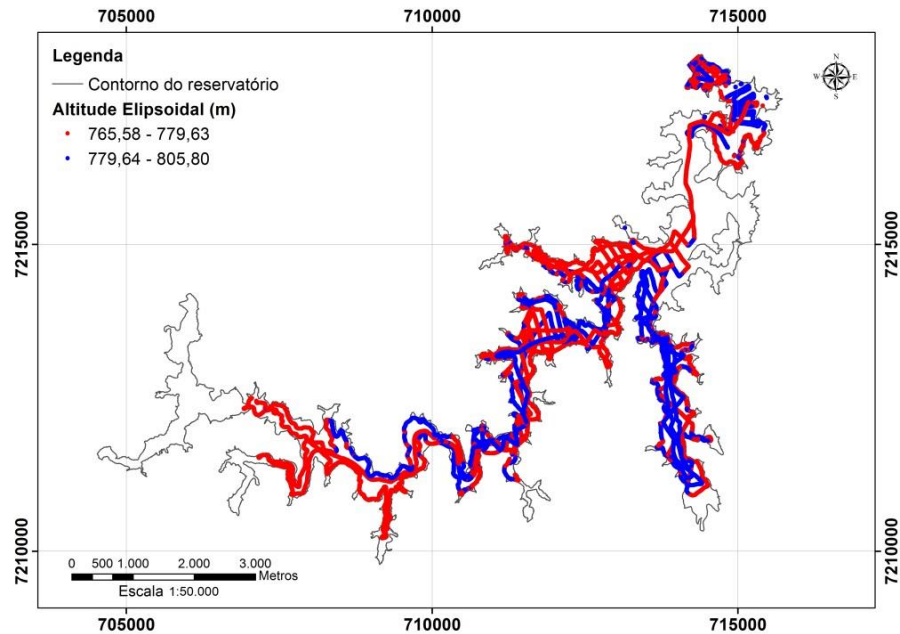


Figura 49 - Mapa da distribuição espacial das altitudes elipsoidais em metros.
FONTE: A autora (2015).

Foi utilizado o interpolador IDW (seção 2.5.2.1) para estimar a resolução das ambiguidades (Figura 50) o número de satélites (Figura 51) e PDOP (Figura 52), e posteriormente gerado um MDT com dados de altitude elipsoidal (Figura 53). Onde o interpolador acabou por generalizar os valores das ambiguidades, adotando a solução absoluta para todo o reservatório. O número de satélites encontra-se entre 6 a 18, com o predomínio de 13 a 15 satélites observados durante maior tempo do levantamento.

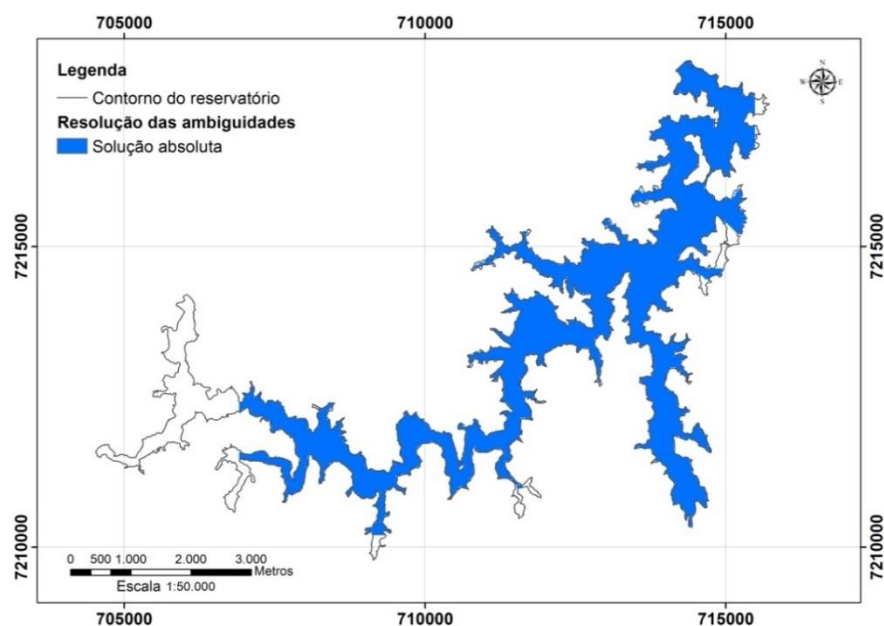


Figura 50 — Mapa da distribuição espacial da resolução das ambiguidades.
FONTE: A autora (2015).

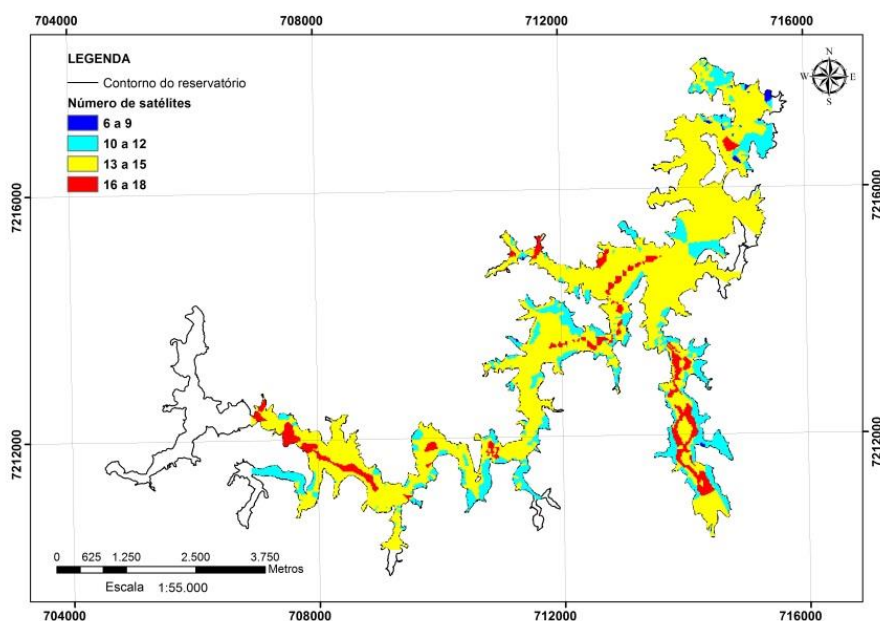


Figura 51 – Mapa da interpolação referente ao número de satélites observados durante o levantamento batimétrico.
FONTE: A autora (2015).

O PDOP ficou entre os valores médios de 1,3 e 4,8 para todo o reservatório com predominância de valores pequenos (1,3 a 2,5), ou seja, para o método cinemático o valor de PDOP obtido está dentro da classificação de um bom levantamento, sendo que segundo Krueger (2011) o PDOP deve ser menor que 5. Percebe-se na Figura 52 que os valores mais elevados encontram-se nas margens do reservatório, onde foi percorrido pela embarcação.

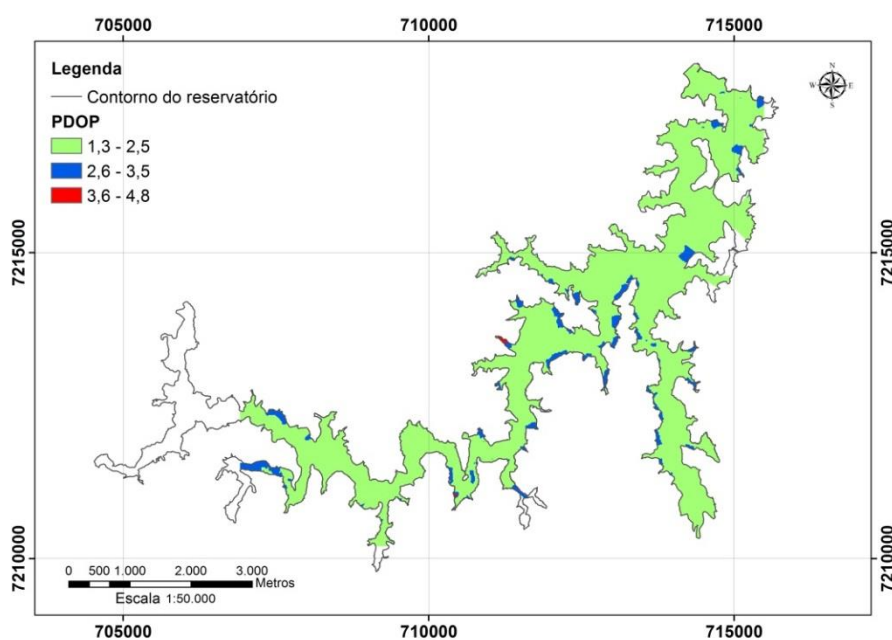


Figura 52 - Mapa da interpolação referente aos valores de PDOP durante o levantamento batimétrico.
FONTE: A autora (2015).

Observando-se a distribuição dos valores de PDOP e número de satélites, é possível verificar um padrão, em que nas regiões onde há presença de um número menor de satélites os valores de PDOP são superiores aqueles em que há presença de um maior número de satélites. Este fato justifica-se devido ao PDOP estar diretamente ligada a geometria dos satélites, claramente observado nessa comparação.

Para os dados de altitude elipsoidal obtidas em tempo real pelo RTK foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) através do interpolador IDW, onde as altitudes elipsoidais se encontraram entre os valores de 633 e 815 metros (Figura 53). As menores altitudes encontraram-se concentradas na porção a jusante da barragem com valores entre 633,14 e 778,64 metros. Próximo à barragem observou-se maiores variações das altitudes elipsoidais.

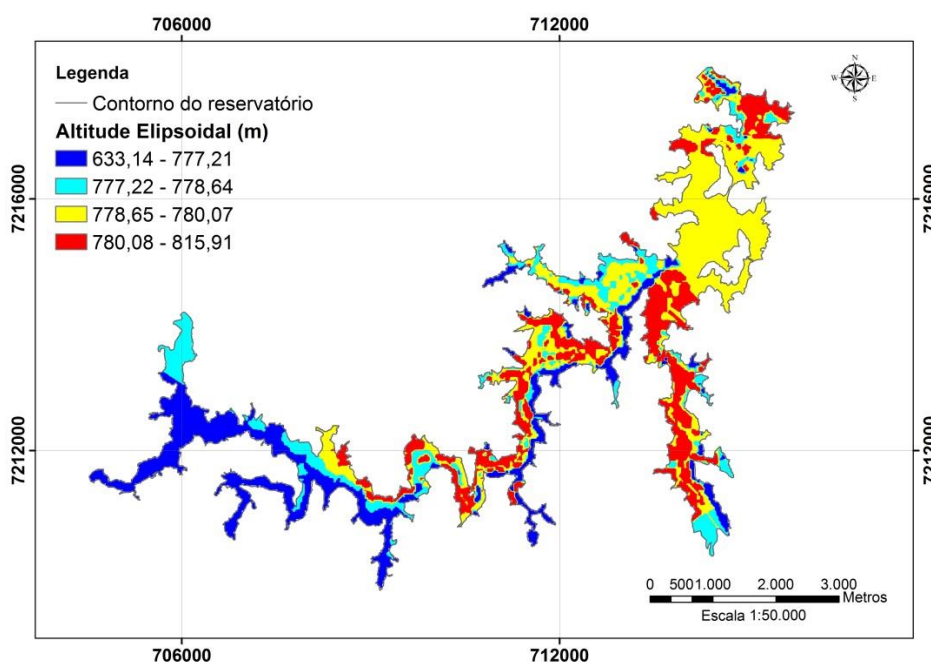


Figura 53 – MDE da altitude elipsoidal do levantamento através do RTK extraído da mensagem NMEA-0183.

FONTE: A autora (2015).

5.7. COMPARAÇÃO ENTRE OS POSICIONAMENTOS PELO MPRC E RTK

Como observado na Figura 54 o erro planimétrico calculado para o método RTK foi à ordem do metro, quando usado o MPRC como referência. Conforme Figura 55 visualiza-se que este erro está entre 2,8 e 0 metros, sendo que os maiores erros encontram-se entre as épocas 434 e 646 (variando de 1,0 a 2,8 metros), bem

como nas épocas 3376 a 4262 (variando de 1,9 a 2,7 metros). O erro planimétrico médio foi de 1,44 metros para todo o reservatório.

Essa diferença pode estar atrelada ao erro no momento da filtragem dos pontos, visto que esta foi feita de forma visual devido à falta de uma variável em comum que pudesse servir de ligação entre as duas planilhas de informações.

No entanto, apesar do receptor estar configurado para RTK o método utilizado, de acordo com a Figura 46, foi o método absoluto. Pois a estação móvel não recebeu as correções diferenciais da estação de referência obtendo apenas as coordenadas absolutas, proporcionando precisões planimétricas de até 12 metros (95% de probabilidade) (KRUEGER, 2006).

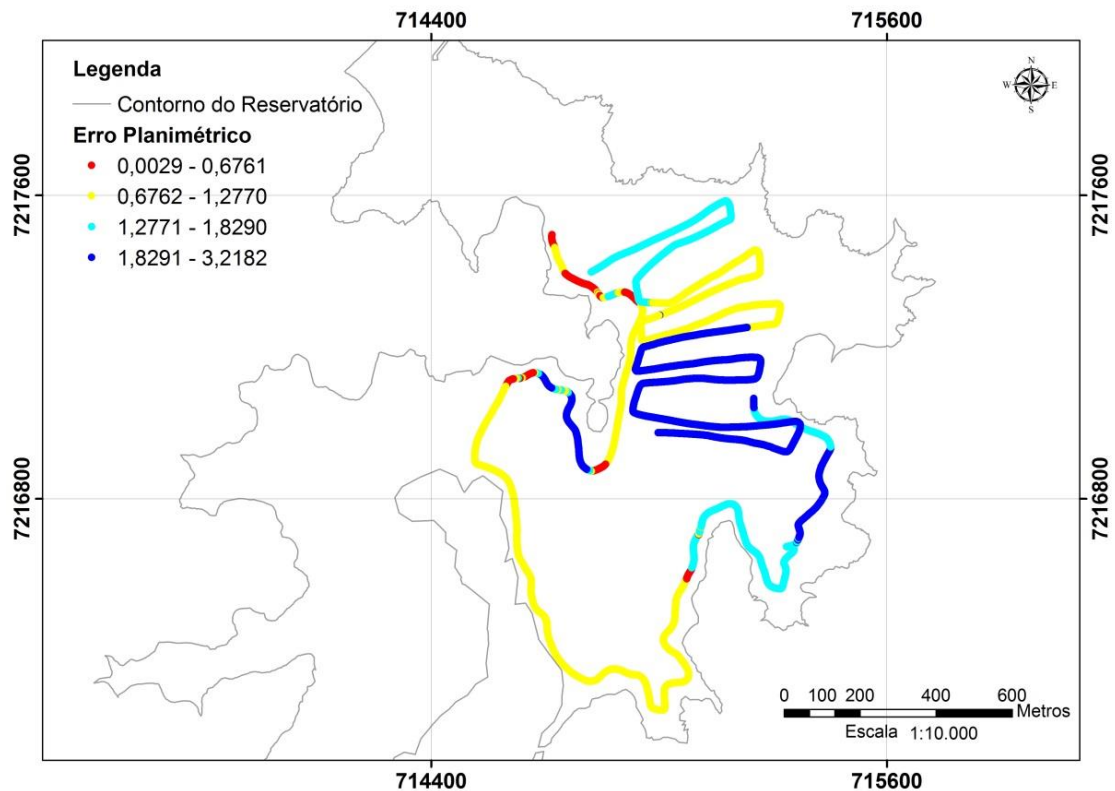


Figura 54 - Distribuição espacial do erro planimétrico para o método RTK quando usado o MPRC como referência.

FONTE: A autora (2015).

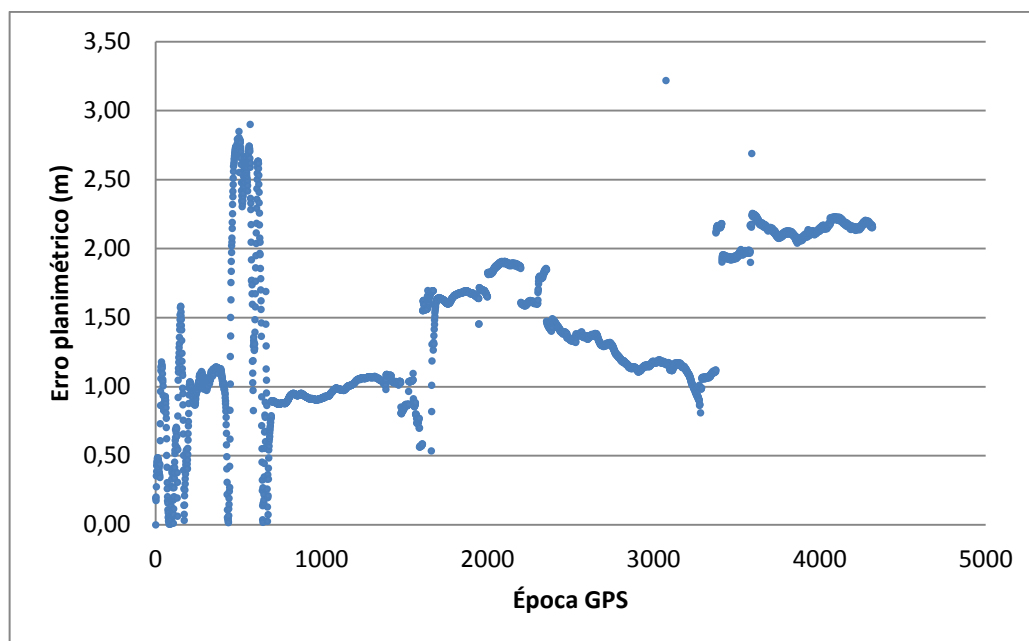


Figura 55 – Diferença planimétrica entre MPRC e RTK para as coordenadas levantadas no dia 01/12/12.

FONTE: A autora (2015).

5.8. ANÁLISE DA PRECISÃO E ACURÁCIA DOS MÉTODOS

Nesta seção serão abordadas as precisões e acurácias obtidas dos métodos de posicionamento absoluto, PPP e MPRE dos marcos, bem como as precisões dos métodos de posicionamento da embarcação através dos métodos PPP, MPRC e RTK.

5.8.1. Marcos MC01 e MSC04

Mediante as informações indicadas nas tabelas 7 e 8, calculou-se a precisão do posicionamento planimétrico dos marcos MC01 e MSC04, para os métodos MA, MPRC e PPP. Nestas tabelas são apresentadas estas precisões, bem como a precisão da coordenada altimétrica.

Visualiza-se na Tabela 7 e Tabela 8 que o MA apresenta as piores precisões do posicionamento planimétrico e altimétrico, quando comparado com os demais métodos. Estas precisões, para o MPRE foram inferiores ao milímetro, mostrando ser o melhor método de posicionamento empregado. No caso do PPP se nota

valores mais elevados para o marco MC01 do que MSC04, que se atribui ao tempo de coleta de dados em cada marco (seção 5.1).

Tabela 7 – PRECISÃO DOS POSICIONAMENTOS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MC01.

MÉTODO	PRECISÃO DO POSICIONAMENTO PLANIMÉTRICO (m)	PRECISÃO DA COORDENADA ALTIMÉTRICA (m)
MA	1,5257	2,4276
PPP	0,0228	0,0300
MPRE	0,0002	0,0005

Tabela 8 – QUALIDADE DOS POSICIONAMENTOS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MSC04.

MÉTODO	PRECISÃO DO POSICIONAMENTO PLANIMÉTRICO (m)	PRECISÃO DA COORDENADA ALTIMÉTRICA (m)
MA	0,7709	1,3418
PPP	0,0045	0,0070
MPRE	0,0004	0,0009

A partir das representações na Figura 28 e Figura 30, elaborou-se a Tabela 9, onde são apresentados os erros planimétricos calculados tomando-se como referência o MPRE. Estes valores podem ser um indicativo da acurácia dos métodos de posicionamento. Na Tabela 9 observa-se que os erros entre os métodos MPRE e MA são da ordem de decímetros, contudo na Tabela 7 verifica-se que a qualidade do MA é da ordem de metros. Logo, é de extrema importância analisar a precisão do posicionamento em conjunto com a sua acurácia. Da mesma forma na Tabela 10 em que o erro planimétrico entre os métodos MPRE e MA foi de 0,1631 metros, no entanto, a coordenada obtida pelo MA tem uma qualidade planimétrica de 0,77 metros.

Tabela 9 – ERROS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MC01.

MÉTODO	ERRO PLANIMÉTRICO (m)	ERRO ALTIMÉTRICO (m)
MPRE-MA	0,1544	0,1943
MPRE-PPP	0,0241	0,0104
PPP-MA	0,1421	0,1839

Tabela 10 – ERROS PLANIMÉTRICO E ALTIMÉTRICO PARA O MARCO MSC04.

MÉTODO	ERRO PLANIMÉTRICO (m)	ERRO ALTIMÉTRICO (m)
MPRE-MA	0,1631	2,6914
MPRE-PPP	0,0184	0,1191
PPP-MA	0,1531	2,573

5.8.2. Trajetória da embarcação

Na seção 5.2, obteve-se a qualidade do posicionamento da embarcação pelo MPRC entre 0,0009 e 0,0201 metros, e para o PPP estes valores foram de 0,0623 a 9,7450 metros. Se forem desconsiderados os primeiros 30 minutos da solução PPP a qualidade do posicionamento da embarcação estará entre 0,0623 a 0,1300 metros (Tabela 11). A trajetória descrita pelo MPRC é mais precisa do que aquela advinda do PPP. Em relação ao método RTK, não foi possível avaliar a qualidade do posicionamento, visto que a mensagem NMEA-0183 armazenada não continha essas informações.

Foi possível avaliar a acurácia da trajetória da embarcação descrita durante o levantamento batimétrico comparando-se as coordenadas obtidas pelo MPRC com as do RTK. Frente às análises efetuadas (seção 5.7), obteve-se um erro planimétrico compreendido entre o intervalo de 0,0290 e 3,2182 metros. Estes valores não são compatíveis com aqueles esperados para o método RTK, contudo, conforme indicado na seção 2.3.5.5 não se obteve soluções RTK, mas soluções absolutas. Neste caso, a acurácia é compatível ao método empregado para o posicionamento da embarcação.

Calculando-se o erro planimétrico entre os métodos MPRC e PPP (seção 4.3), verificou-se que os valores estão compreendidos entre 0,1134 a 0,5931 metros para o conjunto de dados coletados no dia 01 de dezembro de 2012. Eliminando-se os 30 minutos iniciais, devido à solução do PPP, o erro planimétrico ficou entre 0,09 a 0,1134 metros. Constata-se que, sem a exclusão dos dados o erro planimétrico é superestimado frente à qualidade do posicionamento.

Tabela 11 – QUALIDADE DO POSICIONAMENTO PARA CADA MÉTODO.

MÉTODO	QUALIDADE DO POSICIONAMENTO PLANIMÉTRICO (m)
MPRC	0,0009 a 0,0201
PPP total	0,0623 a 9,7450
PPP filtrado	0,0623 a 0,1300

6. CONCLUSÕES

O objetivo geral, e consequentemente os objetivos específicos foram alcançados mediante uma análise dos dados coletados no levantamento batimétrico realizado no Reservatório de Capivari-Cachoeira.

Após o processamento dos dados através do *software* LGO, coletados nos marcos MC01 e MSC04, constataram-se qualidades planimétricas e altimétricas inferiores ao milímetro, estando de acordo com as especificações técnicas para posicionamentos relativos estáticos. Esses mesmos dados tendo sido processados pelo PPP, apresentando qualidades planimétricas e altimétricas inferiores a 3 centímetros. Para o MA essas qualidades encontraram-se inferiores a 1,5 metros e 2,4 metros para planimetria e altimetria, respectivamente.

Com a adoção das coordenadas obtidas pelo MPRE como referência, foi possível analisar os erros planimétricos e altimétricos. Comparando-se essas coordenadas com aquelas advindas do PPP obteve-se um erro inferior a 2 centímetros para a planimetria e para a altimetria foi inferior a 12 centímetros. A comparação do MA com o MPRE foi inferior a 16 centímetros na planimetria e para altimetria para o marco MC01 foi inferior a 19 centímetros, e no marco MSC04 inferior a 2,69 centímetros.

Os dados coletados pela embarcação no dia 01 de dezembro de 2012, foram processados pelo *software* LGO, em que a qualidade do posicionamento obtido está entre 0,0009 e 0,0201 metros. Esses valores encontram-se dentro do previsto do posicionamento relativo cinemático, desta forma, sendo esta trajetória adotada como referência para comparação da trajetória obtida pelo RTK.

Por meio do IBGE-PPP obteve-se a trajetória cuja qualidade de posicionamento ficou entre 0,06 a 9,74 metros. Eliminando-se os primeiros 30 minutos (1.741 épocas GPS), esta qualidade ficou entre 0,06 a 0,13 metros; encontrando-se dentro das precisões esperadas. Trabalhos como de Perdigão & Santos (2010) e Nascimento *et al.* (2015), apresentaram resultados positivos quanto aos processamentos através do serviço online do IBGE-PPP corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Mediante esses valores o usuário pode-se valer

deste método desde que realize uma inicialização mínima de 30 minutos antes de qualquer levantamento batimétrico.

O erro planimétrico calculado entre as trajetórias obtidas pelo MPRC e o RTK ficou entre 0,0290 e 3,2182 metros. E entre o MPRC e o PPP este erro foi de 0,1134 e 0,5931 metros. Ao se desconsiderar os 30 minutos iniciais do PPP este erro fica entre 0,0900 e 0,1134 metros. Relacionando o erro planimétrico com a qualidade dos posicionamentos obtidos entre o MPRC e o PPP para toda amostra, pode-se verificar que o primeiro foi superestimado frente à qualidade do posicionamento.

O levantamento RTK, não apresentou os erros planimétricos condizentes com que preconiza a literatura. Frente a uma análise do NMEA-0183 verificou-se que este era um levantamento RTK, contudo as soluções advêm de um posicionamento absoluto; em que o erro planimétrico do posicionamento foi da ordem do metro, chegando a uma diferença de 3,2 metros em relação ao MPRC, adotado como referência. Os parâmetros definidores da qualidade do posicionamento encontraram-se dentro dos padrões exigidos. As ambiguidades não puderam ser fixadas devido à falta das correções diferenciais chegando até a estação móvel. O número de satélites observados foi superior ao mínimo necessário, assim como o valor de PDOP, garantindo uma boa geometria dos satélites com o receptor no momento do levantamento.

No entanto, para o posicionamento planimétrico pode-se concluir que neste caso o posicionamento MPRC é o mais eficiente, sendo o processamento através do *software* LGO. Contudo, nada impede de que o serviço online do IBGE-PPP seja utilizado para o processamento estático e cinemático, nesse caso levando-se em consideração os 30 minutos de inicialização. Quanto ao método RTK, de fato, não se pode tecer considerações em face de não ter sido aplicado as correções diferenciais geradas pela estação de referência.

Analisando os métodos baseando-se na resolução da ANA (2013), a qual preconiza uma precisão planimétrica de 2 a 5 metros, o RTK poderia ser aplicado baseando-se no erro planimétrico, no entanto falta informação sobre qualidade do posicionamento. O PPP poderia ser aplicado desde que desconsiderados os 30

minutos iniciais, e o cinemático atende totalmente as exigências. Porém, o RTK é o mais prático e viável, pois as coordenadas da embarcação são sincronizadas com a profundidade no instante da observação.

No entanto, caso o usuário não tenha a sua disposição um RTK, é viável realizar o levantamento com o GPS através do método cinemático e posteriormente enviar os dados para o serviço online do IBGE-PPP e utilizar as informações processadas por esse serviço, já que esse método apresentou resultados condizentes com a precisão esperada e não demanda alto custo financeiro. Frisando que o método necessita imprescindivelmente de uma inicialização de aproximadamente 30 minutos antes que se comece um levantamento.

7. RECOMENDAÇÕES

Refazer um levantamento batimétrico no reservatório empregando de fato o RTK, ou seja, verificando se as correções diferenciais estão chegando à estação móvel e sendo aplicadas no cálculo da coordenada da embarcação.

Ao realizar o levantamento, que se verifique o sincronismo entre as coordenadas constantes da mensagem NMEA-0183 e aquelas armazenadas no receptor, para que as análises da diferença planimétrica possam ser realizadas para os mesmos pontos.

Realizar novas análises quanto ao método de posicionamento da embarcação para todo o reservatório, empregando de preferência, um novo conjunto de dados, ou em último caso os dados deste levantamento, visando verificar e confrontar a qualidade do posicionamento e o erro planimétrico com os resultantes desta pesquisa.

Realizar estudos em uma plataforma livre para verificar as dificuldades em relação ao ArcGIS 10.1 (*software* proprietário).

8. REFERENCIAS

AFONSO, A. J. G. **Implementação de uma Rede de Estações de Referência GPS para Posicionamento em Tempo Real**. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica e Geoinformática) – Departamento de Matemática, Universidade de Lisboa, Portugal, Lisboa, 2006.

Agência das Bacias PCJ – Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Boletim de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Cantareira**. São Paulo, mar. 2014.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Orientações para atualização das curvas cota x área x volume**. Brasília: ANA, SGH, 2013. 40 p.

ARTILHEIRO, F.; FERNANDO P.; VICENTE, J. **Estimação dos erros dos sondadores multifeixe**. Anais do Instituto Hidrográfico. Marinha de Portugal. Nº 17, 2003-2004. Lisboa, 2005. p. 41-47.

BRUK, S. **Methods of comuting sedimentation in lakes and reservoirs**. Paris: Unesco, 1985. 224p.

BRUNE, G. M. **Trap efficiency of reservoirs**. American Geophysical Union, v34, n3, p. 407 – 418, june 1953. Disponível em: <https://www.wou.edu/las/physci/taylor/andrews_forest/refs/brune_1953.pdf>. Acesso em: 25 ago 2014.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no Reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG**. 194p. Tese (Doutorado em Geologia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CABRAL, J. B. P. **Estudo do processo de assoreamento em reservatórios**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, n 6, p.62-69, fev. 2005. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15371/8670>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em:16 mar 2015.

CANADA'S AQUATIC ENVIRONMENTS. **Chapter 1: Introduction to Rivers**. Disponível em: <<http://www.aquatic.uoguelph.ca/rivers/chintro.htm>>. Acesso em: 27 ago 2014.

CARVALHO, G. F.; KAN, A.; FERREIRA, R. S.; DA SILVA, E. D. B.; GILBERTONI, R. F. C. **Avaliação da concentração de metano no Reservatório de Capivari**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: Centro de Convenções Rubens Gil de Camilo, 2009. p. 1-17. Disponível em:

<http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/d41071e9632d4b9e074f37b4aa6d45c6_7c8ff76f933543ef448a76a3d9431de5.pdf>. Acesso em: 04 out 2014.

CARVALHO, N. O.; JÚNIOR, N. P. F.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000. 140p.

CARVALHO, L. D. **Análise das técnicas GPS atuais para os posicionamentos estáticos e cinemáticos em bases curtas**. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1999.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL. 2000. 107p.

CEYLAN, A.; EKIZOGLU, I. A Study on The Assessment of Bathymetric Changes Via GIS: Altinapa Dam (Konya) Example. **FIG Working Week 2012**. Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage. Rome, Italy, 6-10 May 2012.

Rome, Italy, 6-10 May 2012

CHELLA, M. R. **Simulação física do transporte de sedimentos e assoreamento em reservatórios – Caso da Usina Hidrelétrica Melissa**. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

CHILDS, COLIN. **Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst**. 2004. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>>. Acesso em: 02 jul 2015.

CHM - Centro de Hidrografia da Marinha. **Previsões de marés**. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/mares.html>>. Acesso em: 06 out 2014.

COPEL. **A Inauguração de Capivari-Cachoeira**. Boletim da companhia Paranaense de energia elétrica. Curitiba. Assessoria de Relações Públicas da COPEL. anoll, n 9, fev 1971. Disponível em: <http://www.copel.com/ci/antigas/ci_revista009.pdf>. Acesso em: 29 out 2014.

COPEL. **Usina Parigot de Souza: Informações técnicas**. 2011. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F044b34faa7cc1143032570bd0059aa29%2F08013ddc621f4eed03257412005ed73b>>. Acesso em: 29 out 2014.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Pluviométrico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1351&sid=9>>. Acesso em: 05 out 2014.

CWIK, M. R.; DE MELO, A.C.; CEZAR, G. S.; PELIZZARI, P. O. Integração de dados geofísicos e geológicos em projetos de dutos rígidos submersos: análise dos métodos de inferência espacial. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e

Tecnologias da Informação, 3., 2010, Recife. **Anais ...** Recife: Centro de Tecnologia e Geociências, 2010, p. 1-6. Disponível em <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_34.pdf>. Acesso em: 10 set 2014. ISBN: 978-85-63978-00-4.

De SOUZA, A. V. **Transdutores**. Apresentação: Hidrografia1, aula07. Curso de Aperfeiçoamento de Hidrografia para Oficiais. Niterói, 33p., 2007.

DHN. **Navegação costeira, estimada em águas restritas**. Capítulo 10: Marés e correntes de maré; correntes oceânicas. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/bhmn/download/cap10.pdf>>. Acesso em: 10 out 2014.

ELIAS, A. R. **Assoreamento de represas: estimativa por meio da integração batimétrica – GPS**. Cascavel: EDUNIOESTE, 2003.

ESRI. ArcGIS 9 Using ArcGIS **Geostatistical Analyst**. California USA, 2003. 306p.

FCMC – Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas e Uso Racional da Água. **Energia Hídrica Elétrica**. 2014. Disponível em: <http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia_hidricaeletrica.pdf>. Acesso em: 29 out 2014.

FEDERAL SPACE AGENCY – INFORMATION-ANALYTICAL CENTRE. **GLONASS constellation status**. Disponível em: <<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>>. Acesso em: 20 jul 2015.

FEMAR – Fundação de Estudos do Mar. **Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/glossario.html>>. Acesso em: 29 out 2014.

FERRARI, R. Reconnaissance techniques for reservoir surveys. In: Eighth Federal Interagency Sedimentation Conference, 8., 2006, Reno. **Proceedings...** Reno: Silver Legacy Hotel, 2006. p. 981-989.

FERREIRA, I. O. **Coleta, processamento e análise de dados batimétricos visando a representação computacional do relevo submerso utilizando interpoladores determinísticos e probabilísticos**. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FILHO, E. P. M. C. **Projeto de Monitoramento Batimétrico**. Nov, 2013.

GARCIA, G. E. **Implementação de modelo numérico para avaliação do transporte de sedimentos no Reservatório de Itaipu – PR**. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GUIMARÃES, C. L.; NÓBREGA, R. L.; MIRANDA, G. A. COSTA, I. C.; DINIZ, J. F. **Aplicação de uma metodologia para levantamento batimétrico automatizado**. Sd. p.13. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/~rodolfo/pmwiki/uploads/PmWiki/levantamentobatimetrlev.pdf>>. Acesso em: 06 out 2014.

HAITHCOAT, T. ***Spatial Interpolation***. University of Missouri. Columbia. Compiled with materials from: Nigel M. Waters. University of Calgary, sd. Disponível em: <http://msdis.missouri.edu/resources/gis_advanced/pdf/Interpolation.pdf>. Acesso em: 24 fev 2015.

HARTKAMP, A.D.; DE BEURS, K.; STEIN, A.; WHITE, J.W. ***Interpolation Techniques for Climate Variables***. NRG-GIS Series 99-01. Mexico, 1999.

HILGERT, S. **Analysis of spatial and temporal heterogeneities of methane emissions of reservoirs by correlating hidro-acoustic with sediment parameters**. Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of DOCTOR OF ENGINEERING - Department of Civil Engineering, Geo and Environmental Sciences, Karlsruhe Institute of Technology - KIT, Karlsruhe, 2014.

HUINCA, S. C. M. **Análise de influências ambientais na calibração de antenas de receptores GPS**. 215f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Reservatório do Capivari Variáveis**. 2010. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/monitoramento_qual_das_aguas/reserv_capivari.pdf>. Acesso em: 29 out 2014.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 05 out 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf>. Acesso em: 05 dez 2014.

IHO. ***Manual on Hydrography***, Mônaco: International Hydrographic. Bureau, 2005. 540p.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**. 1 ed. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf>. Acesso em: 06 dez 2014.

JULIEN, P. Y. ***Erosion and sedimentation***. 1. ed. New York: Cambridge University Press, 1998.

KENNEDY, M. ***The Global Positioning System and GIS***. 2 ed. New York: CRC PRESS, 2002.

KLEIN, I.; MATSUOKA, M.T.; De SOUZA, S. F. Análise do serviço on-line de PPP (GDGPS – APPS) para Receptores de Dupla Frequência: um estudo envolvendo dados de estações da RBMC. ***Journal of Geoscience***. 6(2): 90-98, jul/dez 2010.

KRUEGER, C. P. **Investigação sobre aplicações de alta precisão do GPS no âmbito marinho**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

KRUEGER, C. P. **Relatório apresentado a CAPES: Investigação de Fontes de Erros no posicionamento GPS e modelagem dos erros**. Curitiba, 2006.

KRUEGER, C. P. **Posicionamento por satélites: Métodos de Posicionamento**. Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia, Universidade Federal do Paraná, 2011. Disponível em:
<http://www.lage.ufpr.br/downloads/levgeod2/Parte6_metodos.pdf>. Acesso em: 18 dez 2014.

LHMAR – Laboratório de Hidráulica Marítima. Marés Fluviais. Parte 1: Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 135-145, 2002.

LOPES, J. E. G.; Santos, R. C. P. **Capacidade de Reservatórios**. 64p Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Técnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em:
<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Capacidade%20de%20Reservatorios.pdf>. Acesso em: 15 jul 2014.

MAIA, A. G.; VILLELA, S. M. **Análise do assoreamento do reservatório de Promissão através do modelo RESSASS**. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Guarapuava, v 5, n 2, p 247-262, mai/ago. 2009.

MARTINS, R.; DE SOUSA, L. **Sistema de Informações Geográfica para aplicações de Robótica Oceanográfica**. 2002. 119p. Trabalho Final de Curso (Relatório final) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002.

MATOS, A. J. S. **Melhorias qualitativas de levantamentos batimétricos em reservatórios por meio da ferramenta computacional “CAV-NH”**. 125p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MAYER, M.; FUHRMANN, T. **GPS vs. GNSS data processing on-line**. Curitiba: PROBRAL – Programa de Pós – Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná e Geodetic Institut, Karlshure Universität, Agosto, 2008.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

MORRIS, G.L. AND FAN J. **Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoir and Watersheds for Sustainable Use**. xx ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

NARDEZ, N. de N.; KRUEGER, C.P.; VARGAS, S.L. **Methodology to obtain the offsets between sensors of hydrographic ships**. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 64, Poland, 2011.

NASCIMENTO, L. A.; Dal POZ, W.; De OLIVEIRA, J. C. De OLIVEIRA, T. A.V. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015, João Pessoa. Discrepâncias das coordenadas obtidas por Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). **Anais...** João Pessoa: Centro de Congressos de João Pessoa, 2015, p. 6706-6712. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1469.pdf> >. Acesso em: 20 jul 2015. ISBN: 978-85-17-0076-8.

NRCan - **Natural Resources Canada. Canadian Active Control System (CACS)**. Disponível em: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/9052#passive_control>. Acesso em: 22 dez 2014.

OTTONI, A.B.; FERREIRA, A.C.; NETO, C.N.; SILVA, F.G.B.; SILVA, D.S. **Análise da variação dos sedimentos nos cursos d'água nos aproveitamentos hidrelétricos em operação**. Trabalho apresentado no IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Maceió, 2011. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/9a5221a635891340b4ba428ae3cfc6f2_8e0a3a18beec2009f04674e9b00364f3.pdf>. Acesso em: 15 jul 2014.

PIMENTEL, V. C. R. **Alternativa de solução para os impactos físicos de barragens**. 416f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PINTO, R. B.; BLENINGER, T.; KAN, A.; SABÓIA, J. P. **Preliminary analysis of GHG generation indicators in Capivari-Cachoeira reservoir through hydrodynamic characterization**. s.d.

PINTO, R. B.; DARU, R. L. **Hydrodynamic Modeling Capivari-Cachoeira Reservoir**. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~tobias.dhs/aeba/seminario/17-Rocianne.pdf>>. Acesso em: 15 out 2014.

PONCE, V. M. **La Leche river flood control project Lambayeque, Peru. First Project Report**. 2008. Disponível em: <http://ponce.sdsu.edu/first_project_report_080229.html>. Acesso em: 25 out 2014.

RAMOS, A. M. **Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS Diferencial preciso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 81-90, 2005.

SEEBER, G. **Satellite Geodesy**. 2 ed. New York: Walter de Gruyter, 2003.

SEVÁ, O.; MINELLO, C. **Localização e fotos de satélites das usinas hidrelétricas existentes na bacia do rio Ribeira do Iguape, SP e PR**. Faculdade de Engenharia Mecânica. 2007. Disponível em: < http://www.ifch.unicamp.br/profseva/Juquia_Ribeira_UsiHidrel_abr07_SEVA.pdf >. Acesso em: 29 out 2014.

SILVA, J. G. S. **A utilização do sonar de varredura lateral e do ecobatímetro multifeixe na interpretação e análise da morfologia da Baía de Vitória (ES)**.

Trabalho de Graduação (Bacharel em Geofísica) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

SIMÕES, I. C. V. P. **Aplicação da batimetria multifeixe para definição da morfologia detalhada do fundo marinho ao largo da Laguna de Araruama e Arraial do Cabo-RJ.** 121f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

SOUZA, J. S.; ANACHE, J. A. A.; VAL, L. A. A. V.; IDE, C. N.; SOBRINHO, T. A. **A evolução do volume de reservatório artificial como indicador de assoreamento.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais ...** Bento Gonçalves: FUNDAPARQUE, 2013. p. 1-8 Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/de10dd870669100663b47650d4d74380_7ac221fb7f0a32a2b94dfbf4e20c0197.pdf>. Acesso em: 04 out 2014. ISSN 2318-0358.

SCUICIATO, R.L. **Determinação de velocidades superficiais aquáticas e trajetórias obtidas por bóias de deriva com posicionamento GPS.** Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Cartográfica e Agrimensura) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia.** Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP. 317p. 1973.

TRIMBLE. **NMEA-0183 messages: Overview.** Disponível em: <http://www.trimble.com/OEM_ReceiverHelp/V4.44/en/NMEA-0183messages_MessageOverview.html>. Acesso em: 27 abr 2015.

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. **Apostila de ArcGIS.** Laboratório de Topografia e Cartografia. Espírito Santo, sd. Disponível em: <[http://www.ltc.ufes.br/geomaticsee/Apostila%20de%20ArcGIS%20\(Geodatabase\).pdf](http://www.ltc.ufes.br/geomaticsee/Apostila%20de%20ArcGIS%20(Geodatabase).pdf)>. Acesso em: 01 fev 2015.

U.S. Coast Guard Navigation Center. **GPS CONSTELLATION STATUS.** Disponível em: <<http://www.navcen.uscg.gov/?Do=constellationStatus>>. Acesso em: 20 jul 2015.

WATER ON THE WEB. **Unit I: Watershed and Aquatic Science Fundamentals.** Disponível em: <http://www.waterontheweb.org/curricula/ws/unit_01/index.html>. Acesso em: 27 ago 2014.

WEI, E. C.; MCGUINNESS, J. L. **Reciprocal distance squared method: a computer technique for estimating areal precipitation.** Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture. Report ARS-NC-8. , 1973. 30p.

9. APÊNDICES

APÊNDICE 1 - DADOS PARCIAIS DAS PROFUNDIDADES ASSOCIADAS AS SUAS RESPECTIVAS COORDENADAS NO RESERVATÓRIO DE CAPIVARI-CACHOEIRA.

Longitude	Latitude	Profundidade
-48.8652946	-25.1450566	31.96
-48.865295	-25.1450562	32.15
-48.8652949	-25.1450563	32.99
-48.8652953	-25.1450561	33.06
-48.8652951	-25.1450561	31.12
-48.8652954	-25.1450560	32.63
-48.8652953	-25.1450560	32.62
-48.8652956	-25.1450560	32.56
-48.8652955	-25.1450560	32.57
-48.8652956	-25.1450561	33.08
-48.8652956	-25.1450560	31.07
-48.8652956	-25.1450561	33.1
-48.8652956	-25.1450561	33.1
-48.8652956	-25.1450561	31.04
-48.8652956	-25.1450563	33.06
-48.8652956	-25.1450563	32.58
-48.8652956	-25.1450562	33.15
-48.8652956	-25.1450562	32.53
-48.8652954	-25.1450565	33.18
-48.8652954	-25.1450565	32.17
-48.8652955	-25.1450564	33.12
-48.8652955	-25.1450564	32.16
-48.8652952	-25.1450566	33.02
-48.8652952	-25.1450566	31.97
-48.8652953	-25.1450565	33.04
-48.8652953	-25.1450565	31.11
-48.8652949	-25.1450568	33.09
-48.8652949	-25.1450568	31.9
-48.865295	-25.1450567	33
-48.865295	-25.1450567	31.38

APÊNDICE 2 - DADOS PARCIAIS DO PROCESSAMENTO DOS DADOS LEVANTADOS A PARTIR DO MÉTODO DE POSICIONAMENTO RELATIVO CINEMÁTICO.

point id	Epoch	Latitude	Longitude	Ellip, Hgt,	Posn,+Hgt,	
6481130_16162300	11/30/2012 16:16:23	25° 08' 42,86039" S	48° 51' 47,15357" W	773,0058	0,8941	4,3953
6481130_16162400	11/30/2012 16:16:24	25° 08' 42,86405" S	48° 51' 47,15153" W	772,7738	0,5879	3,0892
6481130_16162500	11/30/2012 16:16:25	25° 08' 42,86105" S	48° 51' 47,15397" W	773,036	0,5728	3,0111
6481130_16162700	11/30/2012 16:16:27	25° 08' 42,85448" S	48° 51' 47,15439" W	775,5025	0,504	1,804
6481130_16162800	11/30/2012 16:16:28	25° 08' 42,86202" S	48° 51' 47,16332" W	773,5879	0,4638	2,2795
6481130_16162900	11/30/2012 16:16:29	25° 08' 42,86162" S	48° 51' 47,17237" W	773,1894	0,455	2,4759
6481130_16163000	11/30/2012 16:16:30	25° 08' 42,85534" S	48° 51' 47,18222" W	773,1982	0,4635	2,5232
6481130_16163300	11/30/2012 16:16:33	25° 08' 42,80247" S	48° 51' 47,20428" W	776,9532	0,6732	3,0281
6481130_16163400	11/30/2012 16:16:34	25° 08' 42,78059" S	48° 51' 47,16546" W	790,7683	0,9699	8,7771
6481130_16163500	11/30/2012 16:16:35	25° 08' 42,76226" S	48° 51' 47,13175" W	797,8952	1,0045	9,0947
6481130_16163600	11/30/2012 16:16:36	25° 08' 42,77067" S	48° 51' 47,13305" W	795,0118	0,9995	9,39
6481130_16163900	11/30/2012 16:16:39	25° 08' 42,79535" S	48° 51' 47,17945" W	776,9518	0,9167	3,7921
6481130_16164000	11/30/2012 16:16:40	25° 08' 42,60228" S	48° 51' 47,12740" W	784,538	0,0000	0,0000
6481130_16164100	11/30/2012 16:16:41	25° 08' 42,62307" S	48° 51' 47,13175" W	783,4554	0,0000	0,0000

APÊNDICE 3 – TABELA PARCIAL DAMENSAGEM NMEA-0183 REFERENTE AO LEVANTAMENTO PELO MÉTODO RTK

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	AMB	SATÉLITES	PDOP	ALTITUDE ELIPSOIDAL
1	-25,14522620	-48,863104070	1	13	1,5	777,607
2	-25,14522621	-48,863104080	1	13	1,5	777,608
3	-25,14522621	-48,863104090	1	13	1,5	777,608
4	-25,14505725	-48,865291610	1	12	1,8	778,636
5	-25,14505741	-48,865291530	1	12	1,8	778,624
6	-25,14505758	-48,865291470	1	12	1,8	778,618
7	-25,14505767	-48,865291440	1	12	1,8	778,596
8	-25,14505786	-48,865291480	1	12	1,8	778,587
9	-25,14505801	-48,865291510	1	12	1,8	778,575
10	-25,14505816	-48,865291540	1	12	1,8	778,573
11	-25,14505835	-48,865291510	1	12	1,8	778,563
12	-25,14505839	-48,865291440	1	12	1,8	778,548
13	-25,14505855	-48,865291390	1	12	1,8	778,548
14	-25,14505863	-48,865291290	1	12	1,8	778,539
15	-25,14505863	-48,865291190	1	12	1,8	778,547
16	-25,14505871	-48,865291020	1	12	1,8	778,547
17	-25,14505875	-48,865290760	1	12	1,8	778,532
18	-25,14505892	-48,865290570	1	12	1,8	778,527
19	-25,14505906	-48,865290340	1	12	1,8	778,527
20	-25,14505924	-48,865290180	1	12	1,8	778,526
21	-25,14505933	-48,865289930	1	12	1,8	778,516
22	-25,14505930	-48,865289710	1	12	1,8	778,497
23	-25,14505952	-48,865289570	1	12	1,8	778,494
24	-25,14505967	-48,865289430	1	12	1,8	778,476
25	-25,14505978	-48,865289330	1	12	1,8	778,477
26	-25,14505993	-48,865289230	1	12	1,8	778,475
27	-25,14505998	-48,865289090	1	12	1,8	778,459
28	-25,14506016	-48,865288990	1	12	1,8	778,46
29	-25,14506031	-48,865288900	1	12	1,8	778,455
30	-25,14506043	-48,865288810	1	12	1,8	778,454
31	-25,14506056	-48,865288650	1	12	1,8	778,446
32	-25,14506065	-48,865288380	1	12	1,8	778,423
33	-25,14506085	-48,865288200	1	12	1,8	778,416
34	-25,14506095	-48,865288020	1	12	1,8	778,413
35	-25,14506106	-48,865287940	1	12	1,8	778,406
36	-25,14506112	-48,865287970	1	12	1,8	778,399
37	-25,14506103	-48,865288130	1	12	1,8	778,373
38	-25,14506095	-48,865288480	1	12	1,8	778,373
39	-25,14506079	-48,865288930	1	12	1,8	778,366
40	-25,14506057	-48,865289490	1	12	1,8	778,361
41	-25,14506032	-48,865290050	1	12	1,8	778,354

10. ANEXOS

ANEXO 1 – RELATÓRIO DO PROCESSAMENTO DO LGO DO MARCO MC01

Página 1 de 5



Results - Baseline msc4 - MS01

Project Information

Project name: basemsc1
Date created: 04/10/2015 16:19:02
Time zone: -3h 00'
Coordinate system name: WGS84TOSIRGASUTM22
Application software: LEICA Geo Office 7.0
Processing kernel: PSI-Pro 2.0
Processed: 04/10/2015 17:19:43

Point Information

	Reference: msc4	Rover: MS01
Receiver type / S/N:	GX1230GG / 472647	GX1230 / 480327
Antenna type / S/N:	LEIAX1202A / -	LEIAX1203+GNSS / -
Antenna height:	1.6210 m	2.0000 m
Initial coordinates:		
Latitude:	25° 08' 18.71794" S	25° 08' 16.41009" S
Longitude:	48° 52' 29.08748" W	48° 52' 20.28153" W
Ellip. Hgt:	791.5509 m	804.7439 m
Time span:	11/29/2012 13:49:39 - 11/29/2012 14:20:19	
Duration:	30' 40"	

Processing Parameters

Parameters	Selected	Used	Comment
Cut-off angle:	15°	15°	
Ephemeris type (GPS):	Broadcast	Broadcast	
Ephemeris type (GLONASS):	Broadcast	Broadcast	
Solution type:	Automatic	Phase: all fix	
GNSS type:	Automatic	Automatic	
Frequency:	Automatic	Automatic	
Fix ambiguities up to:	80 km	80 km	
Min. duration for float solution (static):	5' 00"	5' 00"	
Sampling rate:	Use all	5	
Tropospheric model:	Hopfield	Hopfield	
Ionospheric model:	Automatic	Computed	
Use stochastic modelling:	Yes	Yes	
Min. distance:	8 km	8 km	
Ionospheric activity:	Automatic	Automatic	

Satellite Selection

Manually disabled GPS satellites (PRNs): None
Manually disabled GLONASS satellites (Slot Id): None

Satellite Windows (Exclude):

Satellite	From	To	Duration
G07	11/29/2012 13:49:37	11/29/2012 13:51:28	1' 51"
	11/29/2012 13:54:08	11/29/2012 13:55:17	1' 09"
	11/29/2012 13:57:25	11/29/2012 13:59:03	1' 38"
	11/29/2012 14:03:40	11/29/2012 14:05:18	1' 38"
	11/29/2012 14:06:27	11/29/2012 14:06:55	28"
	11/29/2012 14:10:07	11/29/2012 14:10:18	11"
	11/29/2012 14:12:21	11/29/2012 14:12:22	1"

Computed Iono Model

Number of computed models: 1
 Sampling rate of iono model: 30 sec
 Height of single layer: 350 km

Model 1:

Origin of development: Latitude: 25° 08' 18.71794" S
 Longitude: 48° 52' 29.08748" W
 Time (UT): 11/29/2012 16:25:24

Validity: From epoch: 11/29/2012 13:25:24
 To epoch: 11/29/2012 14:31:24

Coefficients:	Deg. Lat	Deg. time	Value	rms
	0	0	3.88152751	0.03388896
	0	1	-0.11651630	0.04072365
	0	2	1.01778061	0.05178908
	1	0	-0.18643703	0.02069667
	1	1	-0.27698500	0.04667636

Antenna Information

	Reference: msc4	Rover: MS01
Antenna type:	LEIAX1202A	LEIAX1203+GNSS
Horizontal offset:	0.0000 m	0.0000 m
Vertical offset:	0.0000 m	0.0000 m
Additional corrections:	Elevation and azimuth	None

Phase center offsets	L1 (Reference)	L2 (Reference)	L1 (Rover)	L2 (Rover)
Vertical:	0.0653 m	0.0693 m	0.0000 m	0.0000 m
East:	-0.0011 m	-0.0009 m	0.0000 m	0.0000 m
North:	0.0034 m	-0.0010 m	0.0000 m	0.0000 m

Additional corrections (Reference):

A \ Z	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
0° L1	0.0	0.7	1.1	1.3	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.0	0.0
0° L2	0.0	-1.2	-1.8	-2.1	-2.1	-2.0	-2.0	-2.1	-2.2	-2.4	-2.7	-2.9	-2.9	-3.0	-3.1	-3.0	-2.5	0.0	0.0

Observation Statistics

Number of common epochs: 369
 Number of used observations (L1): 4649
 Number of rejected observations (L1): 0
 Number of used observations (L2): 4649

Number of rejected observations (L2): 0

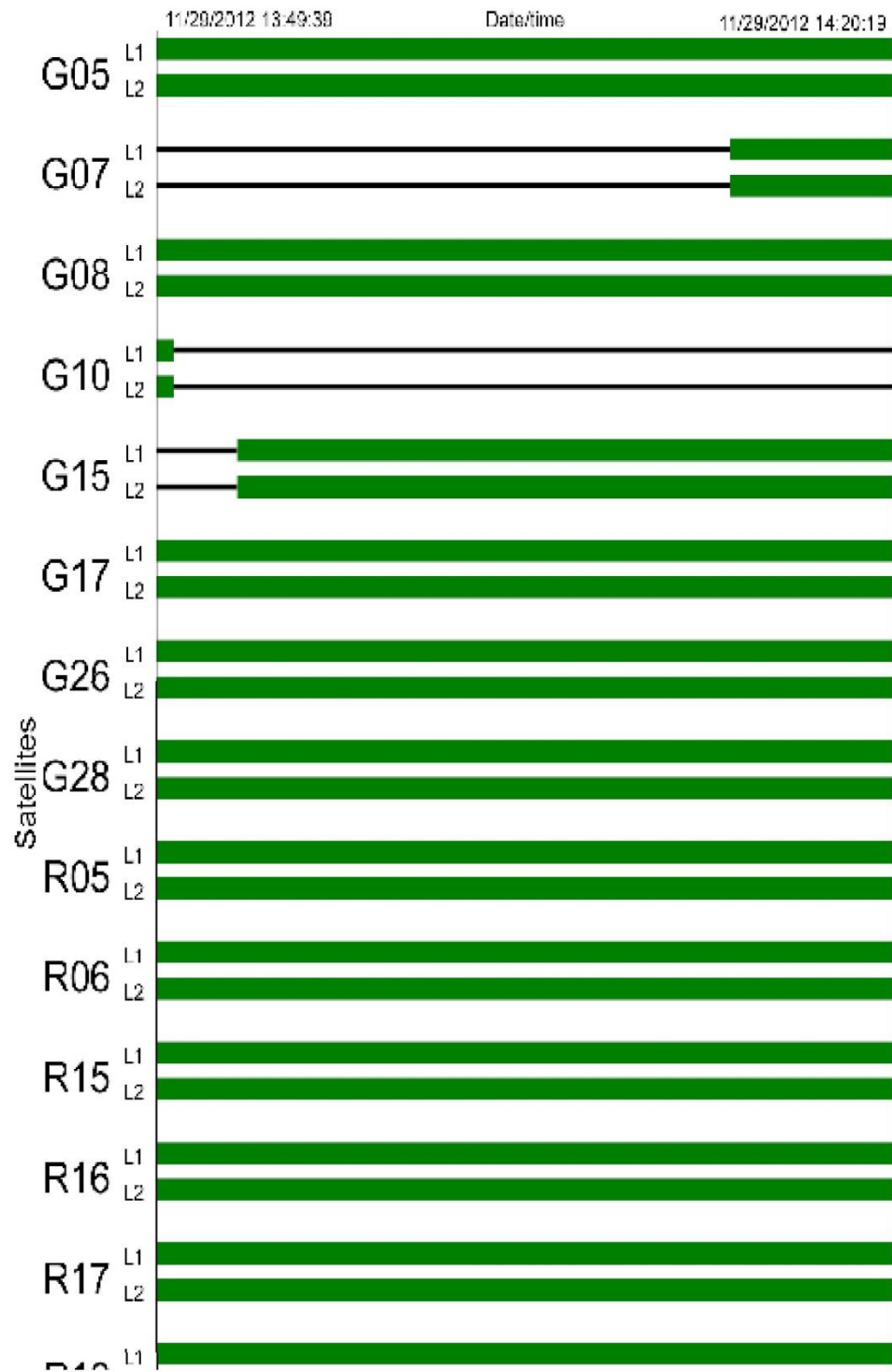
Tracking Status L1:

Satellite		From	To	Status
G05	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G07	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:13:29	No data
	✓	11/29/2012 14:13:29	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G08	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G10	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 13:50:19	Tracked / Used
	✗	11/29/2012 13:50:19	11/29/2012 14:20:19	No data
G15	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 13:52:59	No data
	✓	11/29/2012 13:52:59	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G17	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G26	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G28	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R05	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R06	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R15	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R16	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R17	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R18	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R19	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:06:14	No data
	✓	11/29/2012 14:06:14	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used

Tracking Status L2:

Satellite		From	To	Status
G05	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G07	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:13:29	No data
	✓	11/29/2012 14:13:29	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G08	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G10	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 13:50:19	Tracked / Used
	✗	11/29/2012 13:50:19	11/29/2012 14:20:19	No data
G15	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 13:52:59	No data
	✓	11/29/2012 13:52:59	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G17	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G26	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
G28	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R05	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R06	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R15	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R16	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R17	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R18	✓	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used
R19	✗	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:06:14	No data
	✓	11/29/2012 14:06:14	11/29/2012 14:20:19	Tracked / Used

Tracking Summary:



Ambiguity Statistics

Total number of GPS ambiguities: 16
 Number of fixed GPS ambiguities: 16
 Total number of GLONASS ambiguities: 14
 Number of fixed GLONASS ambiguities: 14
 Number of independent fixes: 174
 Avg. time between independent fixes: 10"

Percentage of fixed epochs (L1): 100%
 Percentage of fixed epochs (L2): 100%
 Percentage of fixed epochs (overall): 100%

Overall Statistic:

Status	From	To	Duration
Fixed	11/29/2012 13:49:39	11/29/2012 14:20:19	30' 40"

Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

Final Coordinates

	Reference:msc4	Rover:MS01	
Coordinates:			
Latitude:	25° 08' 18.71794" S	25° 08' 16.48681" S	
Longitude:	48° 52' 29.08748" W	48° 52' 20.24799" W	
Ellip. Hgt:	791.5509 m	804.5496 m	
Solution type:	Phase: all fix		
GNSS type:	GPS / GLONASS		
Frequency:	L1 and L2		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. Lat: 0.0001 m Posn. Qlty: 0.0002 m	Sd. Lon: 0.0002 m Sd. Slope: 0.0001 m	Sd. Hgt: 0.0005 m
M0:	0.4599 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000011	-0.00000000 0.00000011	0.00000000 -0.00000008 0.00000136
Baseline vector:	dLat: 0° 00' 02.23113" Slope: 257.2989 m	dLon: 0° 00' 08.83949"	dHgt: 12.9987 m
DOPs (min-max):	GDOP: 1.7 - 3.2 PDOP: 1.5 - 2.7	HDOP: 0.7 - 0.8	VDOP: 1.4 - 2.6
Number of used satellites:	GPS: 8 GLONASS: 7		

ANEXO 2 – RELATÓRIO DO PROCESSAMENTO DO LGO DO MARCO MSC04

Página 1 de 6



Results - Baseline UFPR - MSC04

Project Information

Project name: msc4
 Date created: 04/10/2015 16:35:29
 Time zone: -3h 00'
 Coordinate system name: WGS84TOSIRGASUTM22
 Application software: LEICA Geo Office 7.0
 Processing kernel: PSI-Pro 2.0
 Processed: 04/10/2015 17:11:02

Point Information

	Reference: UFPR	Rover: MSC04
Receiver type / S/N:	TRIMBLENETR5 / 4651K03576	ATX900 / 310495
Antenna type / S/N:	TRM55971.00 (2) / -	ATX900 Bastão / -
Antenna height:	0.1000 m	1.5000 m
Initial coordinates:		
Latitude:	25° 26' 54.12689" S	25° 08' 18.69092" S
Longitude:	49° 13' 51.43720" W	48° 52' 29.12475" W
Ellip. Hgt:	925.8105 m	794.2426 m
Time span:	11/20/2012 09:23:29 - 11/20/2012 12:39:59	
Duration:	3h 16' 30"	

Processing Parameters

Parameters	Selected	Used	Comment
Cut-off angle:	15°	15°	
Ephemeris type (GPS):	Broadcast	Broadcast	
Ephemeris type (GLONASS):	Broadcast	Broadcast	
Solution type:	Automatic	Phase: all fix	
GNSS type:	Automatic	GPS	
Frequency:	Automatic	Automatic	
Fix ambiguities up to:	80 km	80 km	
Min. duration for float solution (static):	5' 00"	5' 00"	
Sampling rate:	Use all	15	
Tropospheric model:	Hopfield	Hopfield	
Ionospheric model:	Automatic	Computed	
Use stochastic modelling:	Yes	Yes	
Min. distance:	8 km	8 km	
Ionospheric activity:	Automatic	Automatic	

Satellite Selection

Manually disabled GPS satellites (PRNs): None
 Manually disabled GLONASS satellites (Slot Id): None

Satellite Windows (Exclude):

Satellite	From	To	Duration
G03	11/20/2012 11:28:01	11/20/2012 11:28:15	14"
	11/20/2012 11:28:36	11/20/2012 11:53:41	25' 05"
	11/20/2012 11:54:02	11/20/2012 11:54:09	7"
G04	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 11:46:24	27' 23"
G05	11/20/2012 11:45:45	11/20/2012 12:00:59	15' 14"
	11/20/2012 12:18:40	11/20/2012 12:20:16	1' 36"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G07	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 12:00:59	41' 58"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G08	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 12:00:59	41' 58"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G10	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 12:00:59	41' 58"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G13	11/20/2012 11:18:43	11/20/2012 12:00:59	42' 16"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G16	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 11:23:14	4' 13"
G17	11/20/2012 12:55:51	11/20/2012 12:58:37	2' 46"
G19	11/20/2012 11:37:51	11/20/2012 12:00:59	23' 08"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"
G20	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 11:42:14	23' 13"
G23	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 12:00:59	41' 58"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:49:14	9' 13"
G26	11/20/2012 12:43:03	11/20/2012 12:58:37	15' 34"
G28	11/20/2012 11:19:01	11/20/2012 12:00:59	41' 58"
	11/20/2012 12:40:01	11/20/2012 12:58:37	18' 36"

Computed Iono Model

Number of computed models: 1
Sampling rate of iono model: 30 sec
Height of single layer: 350 km

Model 1:

Origin of development: Latitude: 25° 26' 54.12689" S
Longitude: 49° 13' 51.43720" W
Time (UT): 11/20/2012 11:38:29

Validity: From epoch: 11/20/2012 08:38:29
To epoch: 11/20/2012 13:43:29

Coefficients:	Deg. Lat	Deg. time	Value	rms
	0	0	2.72921152	0.01427268
	0	1	1.73067802	0.01120892
	0	2	-0.16969855	0.00358359
	1	0	-0.02347779	0.00887786
	1	1	0.00867567	0.00626249

Antenna Information

	Reference: UFPR	Rover: MSC04
Antenna type:	TRM55971.00 (2)	ATX900 Bastão
Horizontal offset:	0.0000 m	0.0000 m
Vertical offset:	0.0000 m	0.0000 m
Additional corrections:	Elevation and azimuth	Elevation and azimuth

Phase center offsets	L1 (Reference)	L2 (Reference)	L1 (Rover)	L2 (Rover)
Vertical:	0.0678 m	0.0602 m	0.0888 m	0.0885 m
East:	0.0012 m	0.0010 m	0.0000 m	0.0000 m
North:	0.0023 m	0.0008 m	0.0000 m	0.0000 m

Additional corrections (Reference):

A \ Z	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
0° L1	0.0	-0.4	-0.8	-1.1	-1.4	-1.8	-2.3	-2.7	-3.0	-3.2	-3.3	-3.3	-3.2	-3.2	-2.9	-2.3	-1.0	0.0	0.0
0° L2	0.0	-0.4	-0.8	-1.2	-1.6	-1.8	-2.3	-2.8	-3.3	-3.7	-3.9	-3.8	-3.4	-2.7	-1.8	-0.5	1.6	0.0	0.0

Additional corrections (Rover):

A \ Z	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
0° L1	0.0	0.4	1.4	2.8	4.5	6.4	8.4	10.2	12.0	13.5	14.8	15.6	15.8	15.6	14.8	13.5	11.7	9.2	6.0
0° L2	0.0	0.2	0.6	1.3	2.1	3.1	4.0	5.0	5.9	6.7	7.3	7.7	7.7	7.4	6.7	5.7	4.0	1.7	-1.6

Observation Statistics

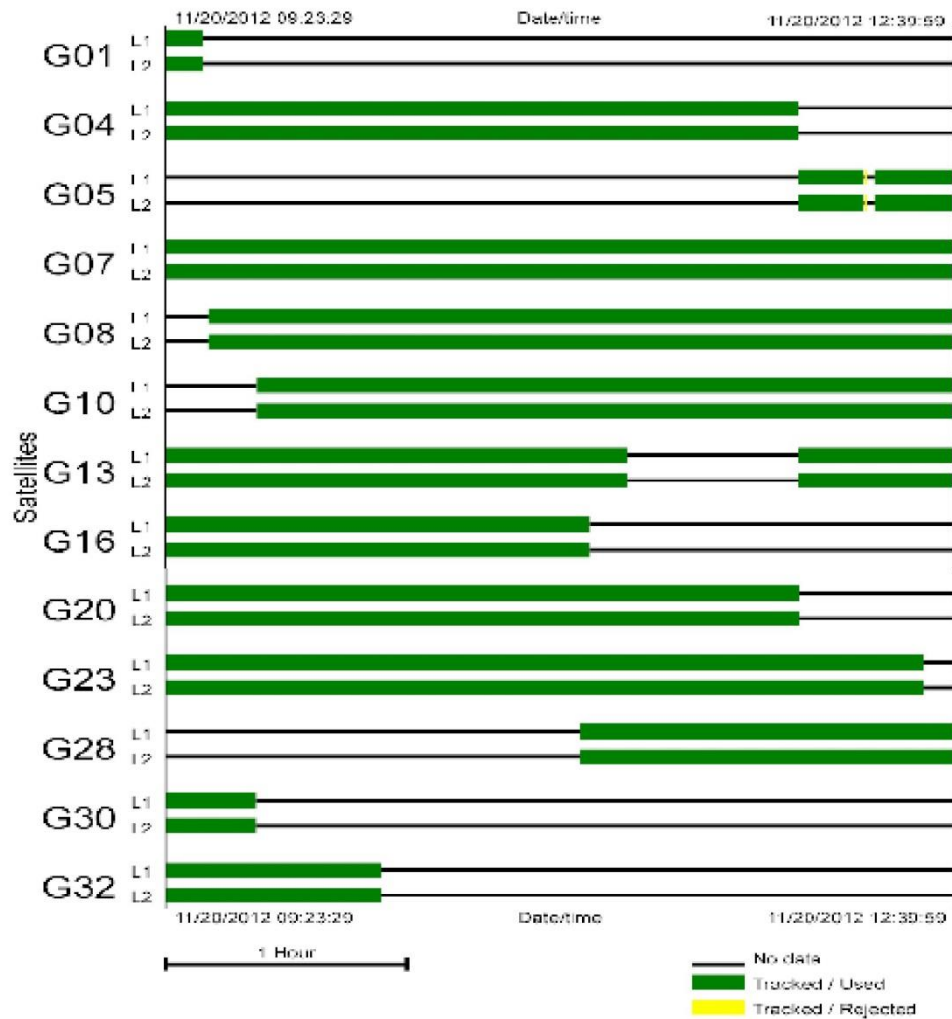
Number of common epochs:	619
Number of used observations (L1):	4969
Number of rejected observations (L1):	4
Number of used observations (L2):	4969
Number of rejected observations (L2):	4

Tracking Status L1:

Satellite		From	To	Status
G01	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:32:59	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 09:32:59	11/20/2012 12:39:59	No data
G04	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G05	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	No data
	✓	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:17:29	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:17:29	11/20/2012 12:17:44	No data
	✗	11/20/2012 12:17:44	11/20/2012 12:18:44	Tracked / Rejected
	✗	11/20/2012 12:18:44	11/20/2012 12:20:29	No data
	✓	11/20/2012 12:20:29	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G07	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G08	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:34:14	No data
	✓	11/20/2012 09:34:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G10	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:46:14	No data
	✓	11/20/2012 09:46:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G13	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:18:44	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 11:18:44	11/20/2012 12:01:14	No data
	✓	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G16	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:09:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 11:09:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G20	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G23	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:32:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:32:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G28	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:06:44	No data
	✓	11/20/2012 11:06:44	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G30	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:45:59	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 09:45:59	11/20/2012 12:39:59	No data
G32	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 10:17:14	Tracked / Used

	✗	11/20/2012 10:17:14	11/20/2012 12:39:59	No data
Tracking Status L2:				
Satellite		From	To	Status
G01	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:32:59	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 09:32:59	11/20/2012 12:39:59	No data
G04	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G05	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	No data
	✓	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:17:29	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:17:29	11/20/2012 12:17:44	No data
	✗	11/20/2012 12:17:44	11/20/2012 12:18:44	Tracked / Rejected
	✗	11/20/2012 12:18:44	11/20/2012 12:20:29	No data
	✓	11/20/2012 12:20:29	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G07	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G08	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:34:14	No data
	✓	11/20/2012 09:34:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G10	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:46:14	No data
	✓	11/20/2012 09:46:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G13	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:18:44	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 11:18:44	11/20/2012 12:01:14	No data
	✓	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G16	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:09:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 11:09:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G20	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:01:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:01:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G23	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 12:32:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 12:32:14	11/20/2012 12:39:59	No data
G28	✗	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 11:06:44	No data
	✓	11/20/2012 11:06:44	11/20/2012 12:39:59	Tracked / Used
G30	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 09:45:59	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 09:45:59	11/20/2012 12:39:59	No data
G32	✓	11/20/2012 09:23:29	11/20/2012 10:17:14	Tracked / Used
	✗	11/20/2012 10:17:14	11/20/2012 12:39:59	No data

Tracking Summary:



Ambiguity Statistics

Total number of GPS ambiguities: 32
 Number of fixed GPS ambiguities: 30
 Total number of GLONASS ambiguities: 0
 Number of fixed GLONASS ambiguities: 0
 Number of independent fixes: 385
 Avg. time between independent fixes: 30"

Percentage of fixed epochs (L1): 100%
 Percentage of fixed epochs (L2): 100%
 Percentage of fixed epochs (overall): 100%

Overall Statistic:

Status	From	To	Duration
--------	------	----	----------

Fixed 11/20/2012 09:23:29 11/20/2012 12:39:59 3h 16' 30"

Cycle Slip Statistics

Total number of cycle slips: 0

Final Coordinates

	Reference:UFPR	Rover:MSC04	
Coordinates:			
Latitude:	25° 26' 54.12689" S	25° 08' 18.71794" S	
Longitude:	49° 13' 51.43720" W	48° 52' 29.08748" W	
Ellip. Hgt:	925.8105 m	791.5509 m	
Solution type:	Phase: all fix		
GNSS type:	GPS		
Frequency:	IonoFree (L3)		
Ambiguity:	Yes		
Quality:	Sd. Lat: 0.0003 m Posn. Qlty: 0.0004 m	Sd. Lon: 0.0003 m Sd. Slope: 0.0003 m	Sd. Hgt: 0.0009 m
M0:	0.2554 m		
Cofactor matrix Qxx:	0.00000153	0.00000009 0.00000110	0.00000043 0.00000036 0.00001332
Baseline vector:	dLat: 0° 18' 35.40896" Slope: 49654.9720 m	dLon: 0° 21' 22.34972"	dHgt: -134.2596 m
DOPs (min-max):	GDOP: 2.1 - 5.4 PDOP: 1.8 - 4.5	HDOP: 0.9 - 1.8	VDOP: 1.6 - 4.2
Number of used satellites:	GPS: 13 GLONASS: -		

ANEXO 3 – INFORMAÇÕES DA ESTAÇÃO UFPR



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
UFPR - Curitiba

0. Formulário

Preparado por: Centro de Controle Eng. Kátia Duarte Pereira - RBMC
 Data: 05/09/2007
 Atualização: 28/06/2010 - Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010)

1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação: CURITIBA-UFPR
 Ident. da Estação: UFPR
 Inscrição no Monumento: Não há inscrição
 Código Internacional: [93970](#)
 Informações Adicionais: -

2. Informação sobre a localização

Cidade: Curitiba
 Estado: Paraná
 Informações Adicionais: Prisma quadrangular medindo 0,50 m x 0,50 m x 1,20 m de altura, dotado de dispositivo de centragem forçada e extensor. Possui chapa padrão IBGE, cravada na lateral do pilar com a inscrição SAT 91105. Rua 15 de Novembro 1299 - CEP 81531-590 - Curitiba - PR. Nas dependências do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas			
Latitude:	- 25° 26' 54,1269"	Sigma:	0,001 m
Longitude:	- 49° 13' 51,4372"	Sigma:	0,001 m
Alt. Elip.:	925,807 m	Sigma:	0,004 m
Coordenadas Cartesianas			
X:	3.763.751,679 m	Sigma:	0,002 m
Y:	-4.365.113,830 m	Sigma:	0,003 m
Z:	-2.724.404,714 m	Sigma:	0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)			
UTM (N):	7.184.223,310 m		
UTM (E):	677.878,515 m		
MC:	-51		

4. Informações do equipamento GNSS

4.1. Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
 Número de Série - 4651K03576
 Versão do Firmware - 3.84 (Principal)
 Atualização do Firmware - 20/10/2009 às 00:00 UTC

4.1.2 Tipo do Receptor - TRIMBLE NETR5
 Número de Série - 4651K03576
 Versão do Firmware - 3.50 (Principal)
 Data de Instalação - 08/05/2007 às 00:00 UTC



RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS
Relatório de Informação de Estação
UFPR - Curitiba

4.2. Antena

4.2.1 Tipo de Antena	- ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM55971.00)
URL imagem	- http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/LoadImage?name=TRM55971.00%2BNONE.gif
Número de Série	- 30336616
Altura da Antena (m)	- 0,1000 (distância vertical do topo do marco à base da antena)
Data de Instalação	- 08/05/2007 às 00:00 UTC

5. Informações Complementares

5.1. Para informações técnicas contatar:

Nome: IBGE/DGC/Coordenação de Geodésia
 Endereço: Av. Brasil, 15.671, CEP 21.241-051, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: (21) 2142-4935
 FAX: (21) 2142-4859
 Home Page: www.ibge.gov.br
 Contato: rbmc@ibge.gov.br

5.2. Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome: Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE
 Endereço: Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ
 Telefone: 0800-721-8181
 Contato: ibge@ibge.gov.br

5.3. Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/parcerias.shtm>

ANEXO 4 – RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO DO IBGE-PPP DO MARCO MC01



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: MC01

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2012/11/29 16:49:53,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2012/11/29 17:20:38,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	LEIAX1203+GNSS NONE
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	2,000
Sigma da portadora(m):	0,015
Altura da Antena³(m):	2,000
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,56 GPS 1,98 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,80 GPS 0,99 GLONASS

Coordenadas Sirgas

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) ⁴	-25° 08' 16,4861"	-48° 52' 20,2476"	804,56	7218088.837	714497.943	-51
Na data do levantamento ⁵	-25° 08' 16,4811"	-48° 52' 20,2487"	804,56	7218088.992	714497.915	-51
Sigma(95%)⁶ (m)	0,011	0,020	0,030			
Modelo Geoidal	MAPGEO2010					
Ondulação Geoidal (m)	1,93					
Altitude Ortométrica (m)	802,63					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,450	1,000	0,030	0,050
Após 2 horas	0,300	0,800	0,015	0,025
Após 4 horas	0,200	0,500	0,006	0,015
Após 6 horas	0,180	0,400	0,004	0,010

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

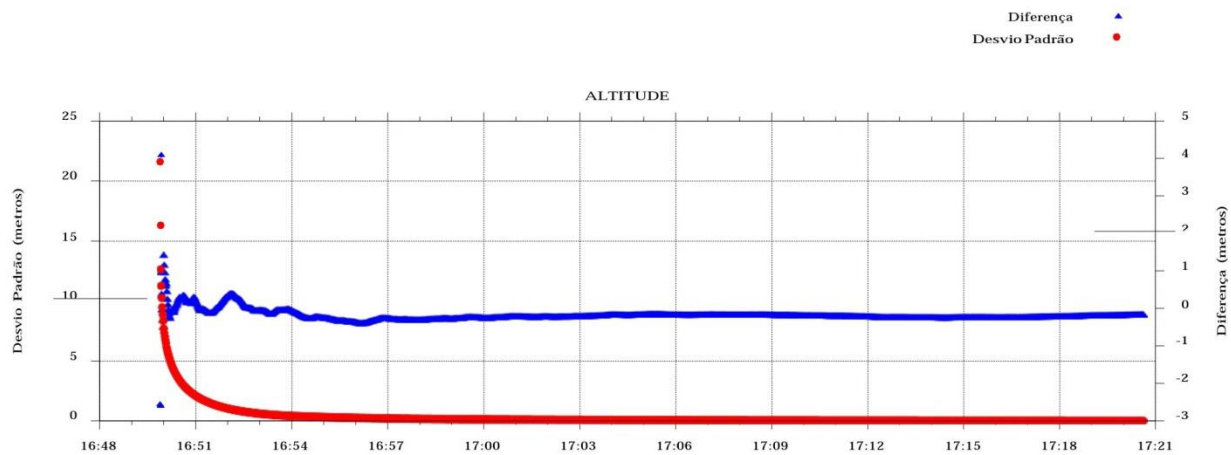
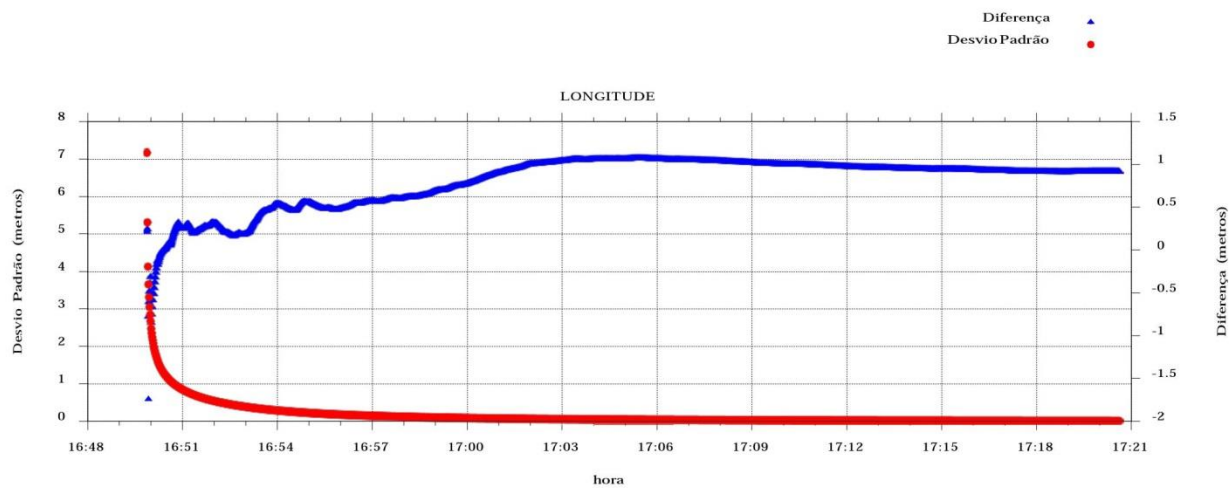
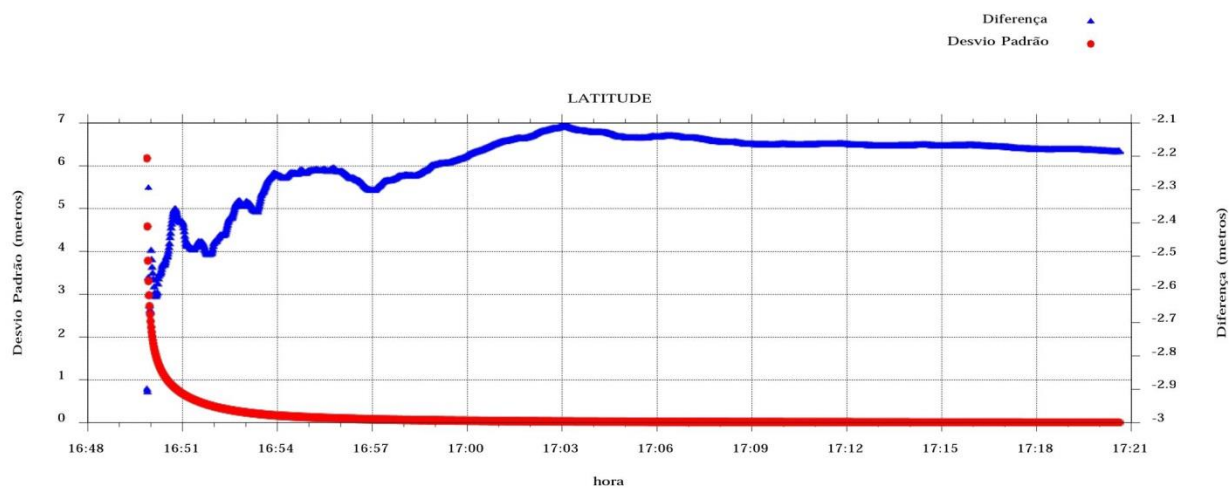
⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário.
Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181.
Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
MS010.12o



ANEXO 5 – RELATÓRIO DE PROCESSAMENTO DO IBGE-PPP DO MARCO MSC04



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

Sumário do Processamento do marco: MSC04

Início: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2012/11/20 12:23:34,00
Fim: AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2012/11/20 15:58:53,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	NÃO DISPONÍVEL
Órbitas dos satélites: ¹	FINAL
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	1,00
Sigma² da pseudodistância(m):	2,000
Sigma da portadora(m):	0,015
Altura da Antena³(m):	1,500
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	0,75 GPS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,74 GPS

Coordenadas Sirgas

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (é a que deve ser usada) ⁴	-25° 08' 18,7177"	-48° 52' 29,0881"	791,67	7218024.072	714249.225	-51
Na data do levantamento ⁵	-25° 08' 18,7127"	-48° 52' 29,0892"	791,67	7218024.227	714249.196	-51
Sigma(95%)⁶ (m)	0,002	0,004	0,007			
Modelo Geoidal	MAPGEO2010					
Ondulação Geoidal (m)	1,94					
Altitude Ortométrica (m)	789,73					

Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,450	1,000	0,030	0,050
Após 2 horas	0,300	0,800	0,015	0,025
Após 4 horas	0,200	0,500	0,006	0,015
Após 6 horas	0,180	0,400	0,004	0,010

¹ Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

² O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

³ Distância do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

⁴ A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

⁵ A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

⁶ Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: ibge@ibge.gov.br ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Desvio Padrão e Diferença da Coordenada a Priori
MSC03250.12o

